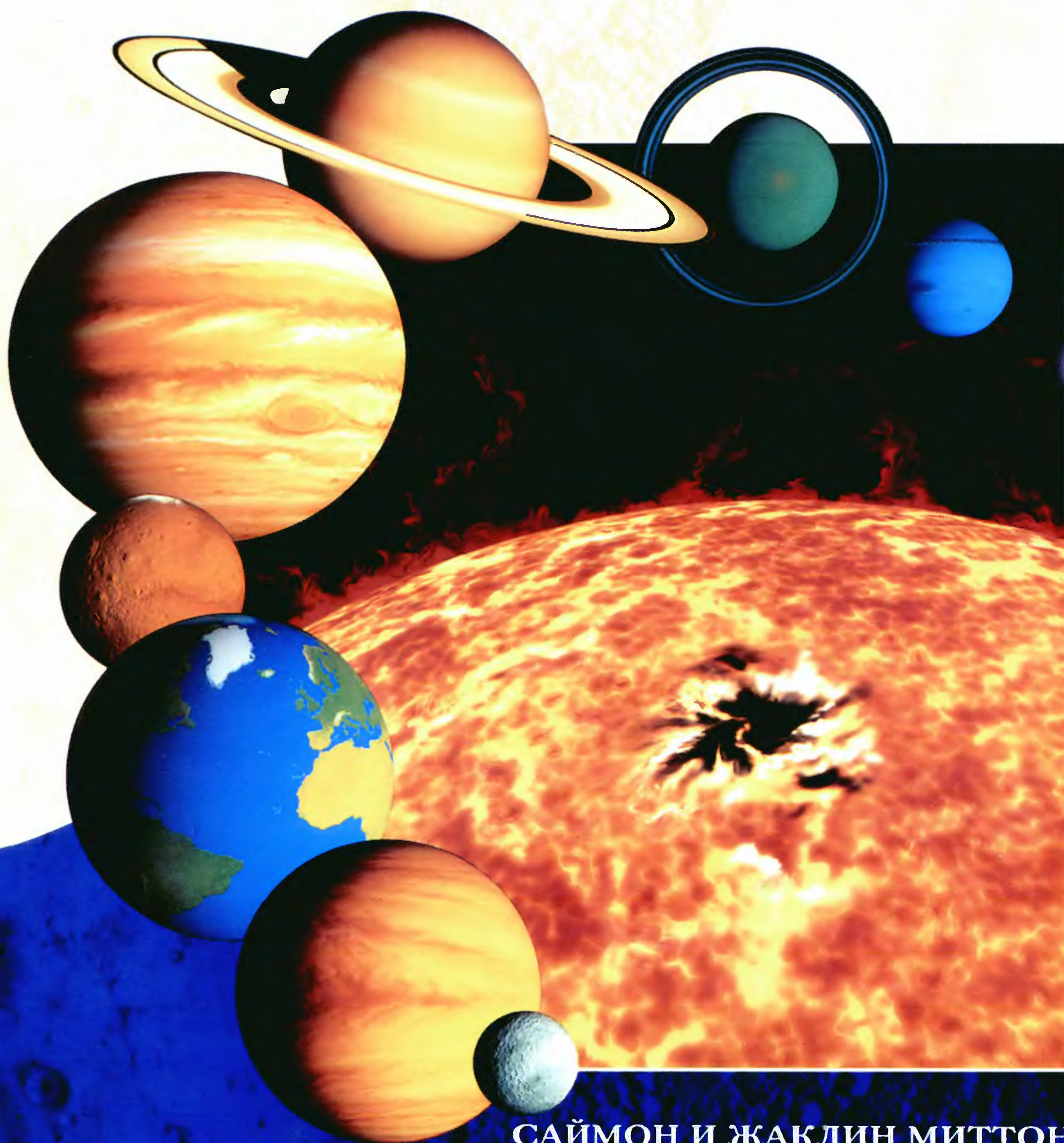
VISIT…

LANZAROTE
Caliente.COM

OXFORD

Астрономия



САЙМОН И ЖАКЛИН МИТТОН

ОКСФОРДСКАЯ БИБЛИОТЕКА

OXFORD

Astronomy

Simon and Jacqueline Mitton



OXFORD UNIVERSITY PRESS

OXFORD

Астрономия

Саймон и Жаклин Миттон



МОСКВА «РОСМЭН» 1995



Содержание

© Simon and Jacqueline Mitton 1994

This translation of The Young Oxford Book of Astronomy originally published in English in 1994 is published by arrangement with Oxford University Press

Данный перевод книги «Астрономия» на русский язык, впервые изданной на английском языке в 1994 г., опубликован по согласованию с издательством Oxford University Press

Oxford[R] is the Trade Mark of the Oxford University Press
Oxford[R] – зарегистрированная торговая марка издательства Oxford University Press

© Перевод «Росмэн», 1995

Все права на книгу на русском языке принадлежат издательству «РОСМЭН». Ничто из нее не может быть перепечатано, заложено в компьютерную память или скопировано в любой форме – электронной, механической, фотокопии, магнитофонной записи или какой-то другой – без письменного разрешения владельца.



На обложке: Солнце и планеты Солнечной системы.

1 Что изучает астрономия

Исследование Вселенной *8*
Планеты, звезды и галактики

Наблюдение Вселенной *14*
Телескопы, космические корабли и обсерватории

Строительные кирпичики Вселенной *20*
Внутри атома: протоны, нейтроны и электроны

Наше место во Вселенной *22*
Местоположение Земли в Солнечной системе, в Галактике и во Вселенной

Земля и Солнце *26*
Время, изменяющееся ночное небо и времена года

Земля и Луна *30*
Фазы лунного цикла и океанские приливы

Затмения Солнца и Луны *32*
Почему и когда бывают затмения

Созвездия *36*
Звездные фигуры на карте ночного неба

Орбиты в Солнечной системе *40*
Траектории планет и их лун

Насколько далеки звезды? *44*
Методы определения расстояний до звезд и галактик

2 Солнечная система

Меркурий *50*
Обжигающе горячая, ближайшая к Солнцу планета

Венера *52*
Планета вулканов и лавы, имеющая плотную атмосферу

Луна *58*
Ближайшая соседка Земли в космическом пространстве

Марс *64*
Каньоны, вулканы и пыльные бури красной планеты

Юпитер *70*
Самая большая планета Солнечной системы

Сатурн *76*
Гигантская газовая планета с системой колец

Уран и Нептун *78*
Две гигантские планеты с кольцами и лунами

Плутон и Харон *80*
Двойная планета на краю Солнечной системы

Кометы *82*
Пришельцы издалека, вспыхивающие ярким пламенем при приближении к Солнцу

Астероиды *86*
Малые планеты, которые могут оказаться причиной гигантских столкновений

Метеориты *88*
Камни и железные обломки, падающие с неба



3 Солнце и звезды

Межзвездное вещество *92*
Газ и пыль между звездами

Солнце *96*
История звезды-родительницы планеты Земля

Жизнь звезд *102*
Основные виды звезд и их свойства

Переменные звезды и двойные звезды *112*
Звезды с переменной яркостью и двойные звезды

Экзотичные звезды *118*
Белые карлики, черные дыры и взрывающиеся звезды

4 Галактики и Вселенная

Галактика Млечный Путь *126*
Наша домашняя галактика и ее содержимое

Галактики во Вселенной *130*
Как галактики образуют видимую Вселенную

Активные Галактики *136*
Галактики, излучающие радиоволны и рентгеновские лучи

Квазары *142*
Самые активные из известных галактик

Вселенная от начала до конца *144*
От Большого взрыва до конечной гибели Вселенной

Звездные карты *150*

Словарь *154*

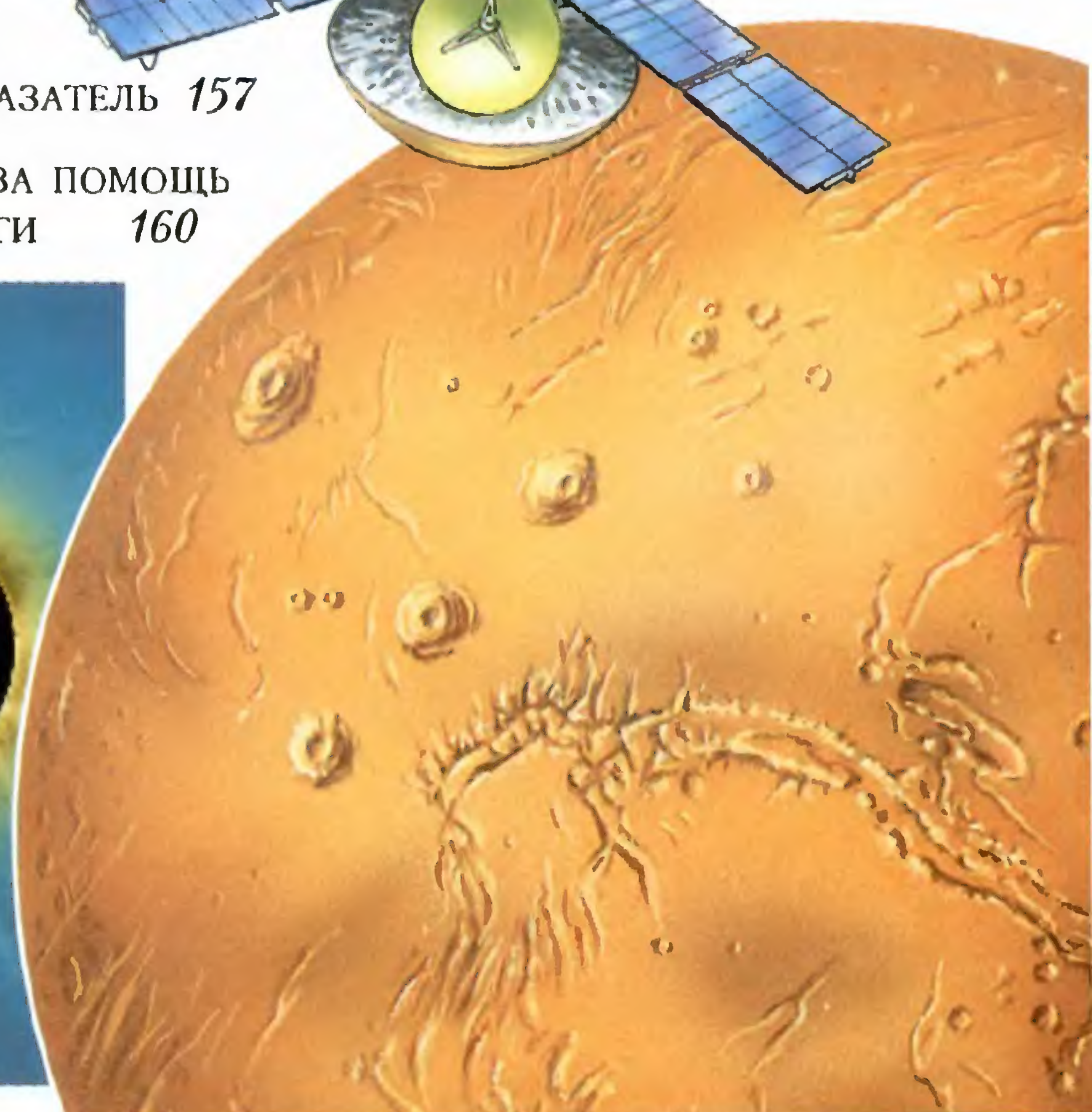
Алфавитный указатель *157*

Благодарность за помощь в создании книги *160*









Введение

Посмотри на небо темной и безоблачной ночью, и ты увидишь, что все оно покрыто мерцающими, светящимися точками. Что представляют собой эти звезды и планеты? Как далеко они находятся? Можем ли мы узнать о них еще что-нибудь? На протяжении тысячелетий люди задавали себе подобные вопросы. И поскольку ты открыл нашу книгу, значит, и ты ищешь на них ответы.

До того как около 400 лет назад были изобретены телескопы, астрономам было очень трудно расширять свои познания. В наши дни телескопы и космические корабли могут делать очень интересные фотографии и добывать поразительную информацию о планетах, звездах и галактиках. В этой книге мы расскажем тебе о разнообразных методах, с помощью которых астрономы исследуют Вселенную в наше время. Затем мы отправимся в путешествие по космическому пространству, начав с планет. Сделаем остановку на нашей собственной звезде — Солнце, — прежде чем рассмотреть огромное разнообразие звезд нашей Галактики — Млечного Пути. Помимо Млечного Пути, нам надо исследовать целую Вселенную галактик. И если сегодня ночью небо чистое, ты можешь положить свое начало открытиям в космосе, отыскав на небе созвездия при помощи простых и понятных звездных карт. Желаем удачи и радости!

Саймон Миттон
Жаклин Миттон

Что изучает астрономия

Мы живем на планете Земля, движущейся по орбите вокруг Солнца в сопровождении Луны. Солнце — это одна из миллиардов звезд в галактике Млечный Путь. Существуют другие галактики, настолько удаленные от нас, что их свет идет до Земли миллиарды лет. С помощью телескопов и космических кораблей астрономы многое узнают, наблюдая Солнце и звездное ночное небо.

Исследование Вселенной



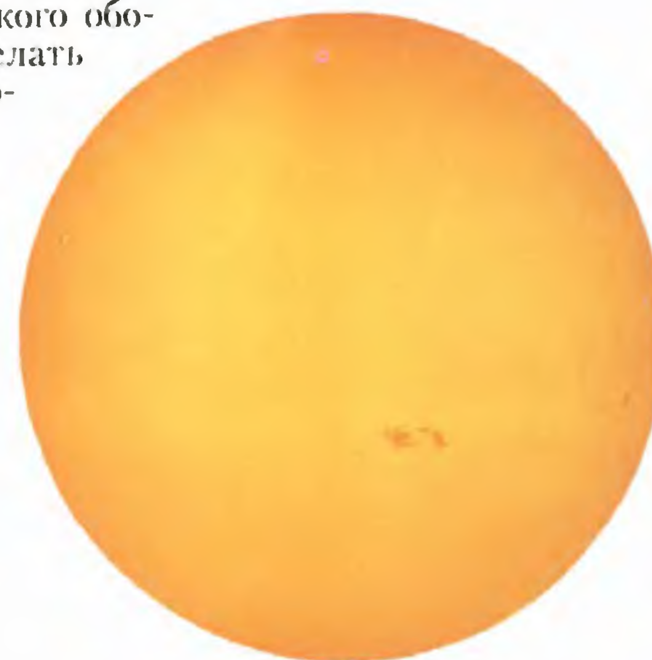
Астрономия занимается исследованием и постижением Вселенной. В космическом пространстве находится вещество в самых разнообразных формах и видах: пыль и газ, планеты и кометы, наша Луна и другие луны, Солнце и другие звезды, Млечный Путь и другие галактики.

Эта книга расскажет тебе о том, что такое астрономия и что могут узнать астрономы о Вселенной. Мы совершим путешествие на планеты нашей Солнечной системы, посмотрим, как действуют звезды, и узнаем о начале и конце Вселенной.

Профессиональная астрономия сегодня — это большая и очень важная наука, которая исследует свойства планет, звезд и галактик во Вселенной. Астрономы хотят знать историю Вселенной и то, как сформировались в ней объекты различных видов. Они измеряют расстояния до ближайших планет и до самых отдаленных галактик.

С помощью математики и физики астрономы стараются разобраться в том, что происходит внутри Солнца и звезд. Для этого они используют очень дорогое оборудование, например большие телескопы, космические корабли и самые быстродействующие в мире компьютеры.

Однако астрономия существует не только для профессиональных ученых. Не приобретая вообще никакого оборудования, ты можешь сделать свои первые шаги в астрономии, возможно, даже сегодня ночью. При помощи обыкновенного недорогого бинокля ты можешь исследовать кратеры Луны, звездные скопления и Млечный Путь.



▽ Солнце — это звезда, диаметр которой в 109 раз превосходит диаметр Земли.



◁ Фотография Земли, сделанная с космического корабля «Аполлон-17» на расстоянии 40 000 км от нашей планеты. На снимке хорошо виден весь африканский континент.



◁ NGC 3932 — это скопление молодых звезд.



◁ Эта спиральная галактика (NGC 6946) похожа на галактику Млечный Путь, включающую в себя Солнце.



△ Поверхность планеты Венера покрыта множеством вулканических кратеров и потоков лавы.



▽ Хвост кометы Уэста, образованный газом и пылью, вырывающимися из головы кометы. Изображения звезд получились смазанными, поскольку камера двигалась вслед за кометой.

ЧТО ТАКОЕ «ВСЕЛЕННАЯ»?

В науке слово «Вселенная» имеет особый смысл. Под ним понимается наибольший возможный объем пространства вместе со всей материей и излучением, заключенными в нем, который может каким бы то ни было образом воздействовать на нас. С нашей точки зрения существует только одна видимая Вселенная. В принципе могут существовать и другие вселенные, а та, которую мы наблюдаем, может простираться безгранично во все стороны. Но «наша» Вселенная — это тот объем пространства, который мы наблюдаем и который в настоящее время простирается во все стороны на расстояние около 17 млрд световых лет.

Что можно увидеть сегодня ночью?

Давайте начнем с самого великолепного представления на Земле, которое каждый может видеть бесплатно: звездного ночного неба. В ближайшую безоблачную ночь постараемся смотреть на небо в течение примерно получаса. Оденемся потеплее и захватим с собой карманный фонарик.

Темной ночью вдали от городских огней ты увидишь тысячи звезд и туманные очертания Млечного Пути. С течением времени вся звездная картина будет медленно перемещаться с востока на запад. Постарайся выбрать несколько групп звезд, которые легче запомнить. Определи самую яркую звезду в каждой группе и посмотри, какую форму имеют эти звездные сочетания, на что они похожи.

Если еще не слишком поздно, взгляни на небо снова примерно через час. Ты увидишь, что звездные фигуры несколько сместились на запад. Это происходит из-за вращения Земли вокруг своей оси. Вот ты уже и сделал важное научное наблюдение — ты увидел доказательство вращения нашей планеты в пространстве.

▷ Созвездие Орион, Охотник, видно почти из любой точки Земли в вечернее время с ноября по март.



От мифа к современной науке

Тысячи лет люди смотрели на небо, не пользуясь ничем, кроме собственных глаз. Древние астрономы дали названия многим звездным фигурам, а также и отдельным звездам. Различные общества выделяли определенные сочетания звезд и давали им свои названия.

До сих пор астрономы пользуются многими из тех названий, которые были придуманы греческими наблюдателями ночного неба более 2000 лет тому назад.

Очень важно понимать разницу между астрономией и астрологией. Астрономия — это наука, основанная на тщательных наблюдениях.

Астрология же — это одно из популярных развлечений, основанное на предрассудках.

В наши дни большинство ученых не верит в возможности астрологов предсказывать будущие события, но несколько веков назад астрологию воспринимали более серьезно, и это послужило причиной многих важных астрономических наблюдений.

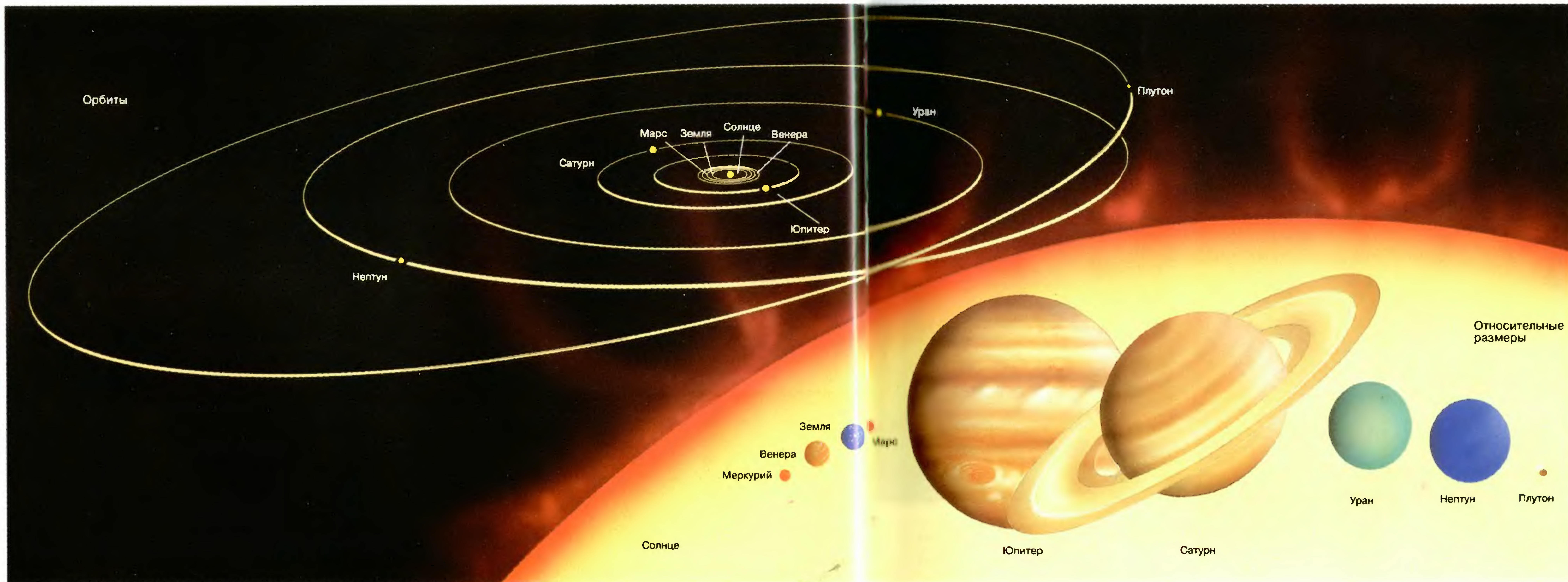
Планеты, звезды и галактики

Мы живем на планете Земля и вместе с ней путешествуем по орбите вокруг звезды по имени Солнце. Вокруг Солнца вращаются девять крупных планет. Семь из них имеют луны. Солнце и планеты с их лунами образуют Солнечную систему, куда входит также множество астероидов и комет и огромное количество пыли. Космические корабли побывали или пролетали вблизи всех планет нашей Солнечной системы, за исключением наиболее удаленного Плутона.

Самое важное различие между звездами и планетами состоит в следующем: звезды излучают свой собственный свет, тогда как планеты блестят лишь отраженным светом, пришедшим от Солнца. Звездный свет зарождается в глубине звезды из ядерной энергии. Звезды представляют собой сверхгорячие шары из раскаленного газа. Обычные звезды, вроде Солнца, по своим размерам во много раз превосходят планеты: диаметр Солнца в 100 с лишним раз больше диаметра Земли. Планеты, луны и астероиды сияют отраженным солнечным светом. Планеты либо состоят из горных пород, как Земля, либо представляют собой гигантские шары холодного газа, как Юпитер.

В космическом пространстве внутри облаков газа и пыли образуются новые звезды. Солнце тоже родилось в газовом облаке около 5 миллиардов лет назад, оно является частицей громадного семейства миллиардов и миллиардов звезд, образующих в совокупности галактику Млечный Путь. Звезды и газовые облака Млечного Пути закручены в красивую спиралевидную фигуру. Наша Галактика имеет колоссальные размеры. Если бы ты мог летать со скоростью света, тебе потребовалось бы около 100 000 лет, чтобы пересечь ее от края до края.

Посмотри на ночное небо: почти каждая светлая точка, которую ты видишь, — это звезда нашей галактики. Иногда ты можешь увидеть одну или несколько планет. Путешествуя вокруг Солнца, они пересекают видимую нами с Земли картину ночного неба. Пять из них видны без телескопа, если только ты знаешь, когда и куда смотреть. Самые яркие и легко узнаваемые — Венера и Юпитер. Венера часто видна в восточной части неба перед самым рас-



◁ Относительные размеры планет в сравнении с размером Солнца и схематическое изображение их орбит вокруг Солнца. Меркурий, Венера, Земля и Марс — небольшие планеты, состоящие из горных пород, они образуют внутреннюю Солнечную систему. Юпитер, Сатурн, Уран и Нептун — это громадные планеты, состоящие из газа. На всех планетах, за исключением Плутона, либо побывали, либо пролетели в непосредственной близости от них космические корабли, снаряженные кино- и фотокамерами и научным оборудованием.

светом или же на западе после захода Солнца. «Звезда», которая кажется особенно яркой и сияет ровным желтым светом, может оказаться планетой Юпитер.

Размеры и формы других галактик чрезвычайно разнообразны, но все они имеют нечто общее: каждая галактика представляет собой скопление звезд, газа и пыли. Самые отдаленные объекты, которые астрономы еще в состоянии разглядеть, являются очень яркими галактиками.

Вселенная

Совокупность галактик с их звездами, планетами и пылью образует Вселенную. Галактик существует множество, но Вселенная только одна. Во Вселенную включается все, что мы можем увидеть в телескопы, и вообще все, что хоть как-то может на нас воздействовать.

Вселенная настолько велика, что и вообразить невозможно, как она выглядит в целом. Световые лучи из наиболее отдаленных от нас частей Вселенной достигают Земли лишь через 17 миллиардов лет. Внутри нашей огромной Вселенной находятся тысячи миллиардов галактик, каждая из которых содержит в себе миллиарды звезд.

Астрономы считают, что Вселенная возникла в результате колоссального взрыва около 17 миллиардов лет назад. Это событие называют Большим взрывом, и произошло оно вместе с началом времени. Все, существующее теперь во Вселенной, первоначально образовалось из водорода и гелия, возникших в Большом взрыве.

Ты можешь спросить, а существует ли что-нибудь за пределами Вселенной? Существовала ли какая-нибудь другая вселенная до Большого взрыва? Ответов на эти вопросы у нас просто-напросто нет. Наука рассказывает нам лишь о той Вселенной, в которой мы живем.

Смотреть дальше, смотреть лучше

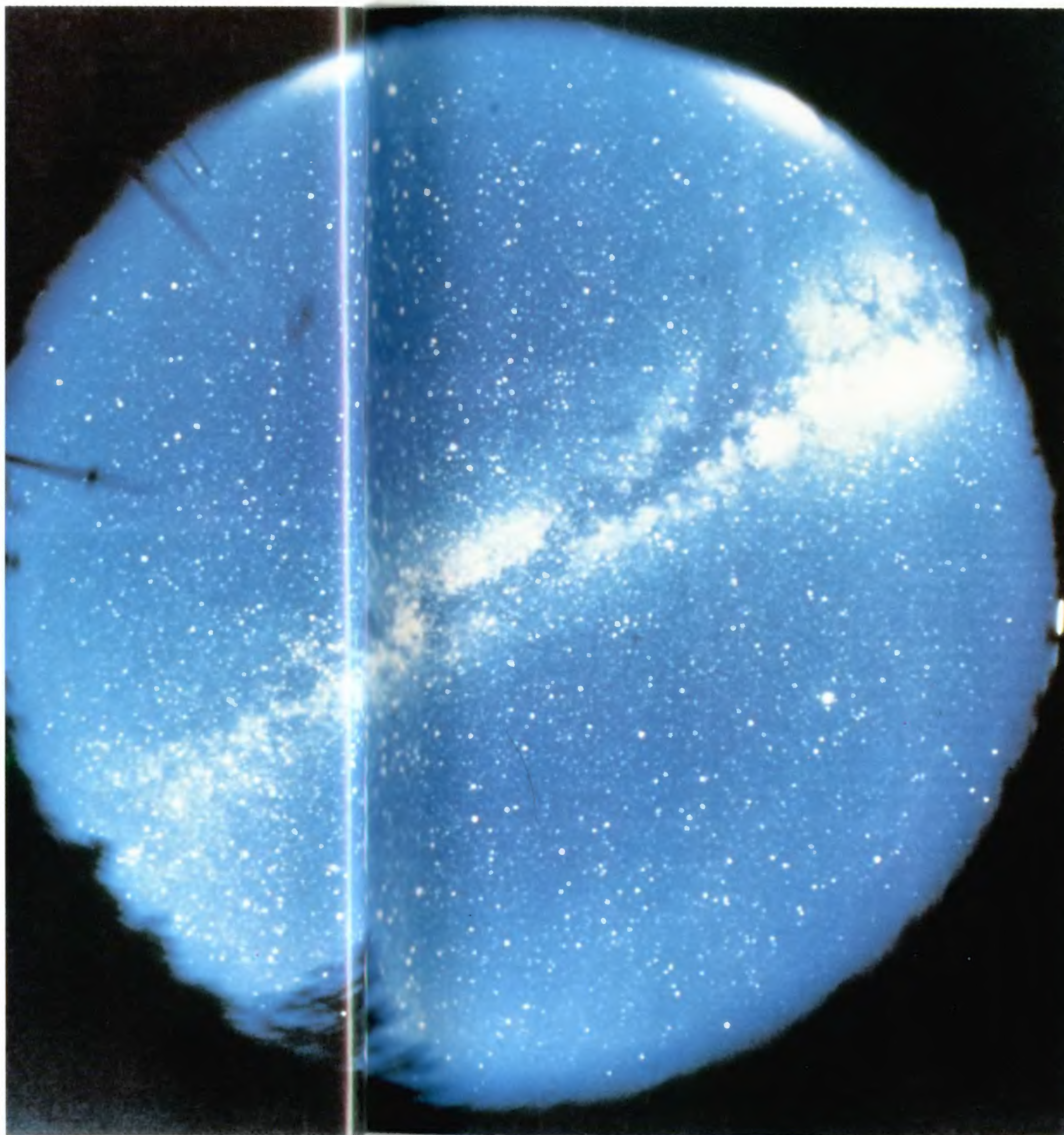
Самыми главными инструментами для астрономии являются телескопы. С помощью телескопа астроном может обнаружить объекты гораздо более тусклые, чем все, что ты в состоянии разглядеть просто глазами. Существуют астрономические телескопы, специально предназначенные для изучения рентгеновских излучений, радиоволн, инфракрасных и ультрафиолетовых лучей, идущих из космоса. Все эти излучения невидимы для наших глаз, но астрономам необходимо наблюдать их, чтобы получить как можно более полное представление о том, что представляет собой Вселенная.

До XVII в. астрономам приходилось обходиться без телескопов. Главной целью древней и средневековой астрономии было наблюдение за передвижениями планет по небу для того, чтобы можно было предсказать их расположение в будущем. И единственными инструментами при этом были те, с помощью которых можно вычислить положение светил на небе.

Начало использованию телескопов в астрономии положил Галилео Галилей (1564–1642). Хотя изобрел телескоп не он, но он был, по-видимому, первым, кто воспользовался телескопом для астрономических наблюдений и кто начал записывать результаты наблюдений. Впервые он использовал телескоп в июле 1609 г. Среди наиболее важных из сделанных им открытий надо упомянуть обнаружение четырех лун Юпитера, которые выглядели, как миниатюрная Солнечная система, а также открытие того факта, что слабое свечение Млечного Пути — не что иное, как идущий к нам свет бесчисленных миллионов звезд. Он совершил драматический переворот в астрономической науке, показав, что Солнце является центром нашей Солнечной системы, и предположив огромные размеры звездной Вселенной.



▷ Галилео Галилей сделал первое астрономическое наблюдение при помощи телескопа.



△ Этот полный вид Млечного Пути снят с горы высотой 3200 м в Аризоне, США. Отметь темную дорожку пыли, проходящую через центральную часть Млечного Пути.

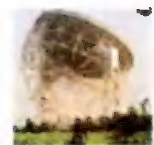
СВЕТОВЫЕ ГОДЫ

Расстояние между двумя городами ты можешь измерить в километрах, а можешь просто сказать, что его можно покрыть за «два часа езды на автомобиле». Расстояние от Нью-Йорка до Лондона равно 3428 км, но большинство авиапассажиров говорит, что это «семь часов полета». В космическом пространстве все расстояния огромны. Астрономы часто описывают их с помощью сроков, необходимых световым лучам для преодоления этих расстояний.

Скорость звука в воздухе равна примерно 1000 км в *час*, а некоторые самолеты могут летать быстрее. Скорость же света равна почти 300 000 км в *секунду*. И ничто не может двигаться быстрее света. Космический корабль летел бы от Земли до Солнца со скоростью звука целых 17 лет. А солнечным лучам требуется всего 8 мин, чтобы преодолеть то же расстояние. Это расстояние от Солнца до Земли, равное 150 млн км, для световых лучей равно «восьми минутам полета».

За один год свет проходит около 10 миллионов миллионов км. Точное расстояние, покрываемое световыми лучами за год, называется «световым годом». Ты можешь вычислить это расстояние: сосчитай, сколько секунд содержится в году, и умножь результат на 300 000. Для описания расстояний во Вселенной гораздо удобнее пользоваться световыми годами вместо триллионов километров.

Наблюдение Вселенной



Астрономы используют телескопы и космические зонды для изучения любых объектов вне Земли. Свет и другие излучения звезд и галактик приносят информацию об их скоростях и многих других свойствах. После некоторой практики ты научишься видеть множество различных астрономических объектов невооруженным глазом или с помощью бинокля.

Без телескопа ты сможешь увидеть всего несколько тысяч звезд. Поскольку планеты и звезды находятся на огромных расстояниях от нас, то к моменту достижения Земли их свет уже очень слаб. Чтобы возместить слабость этого света, нам приходится «собирать» его как можно больше. Свет миллиардов звезд становится видимым благодаря астрономическим телескопам.

Суть действия астрономического телескопа заключается в собирании слабого света, идущего от удаленных планет, звезд или галактик, и концентрации его в глазу наблюдателя. Собирается свет либо с помощью линзы, которая называется «объективом» и помещается в передней части трубы, либо с помощью искривленного зеркала в конце трубы. Телескоп с оптическим объективом называется рефрактором, а тот, что имеет зеркало, рефлектором.

Величина светособирательной силы астрономического телескопа и его способность различать мелкие детали зависят от размера его главной линзы или зеркала. Главная линза или зеркало телескопа по площади значительно превосходят зрачок твоего глаза. Чем больше эта «собирающая площадь», тем большее количество света падает на нее и направляется затем к наблюдателю. Изображенный здесь обычный бинокль позволит тебе увидеть десятки тысяч звезд, а если ты воспользуешься небольшим телескопом, миллионы звезд предстанут перед твоим взором.

Метод восприятия света, который используется в телескопе, также важен. Чем чувствительнее воспринимающее устройство (детектор) к падающему на него свету, тем более слабые объекты способен увидеть телескоп. Таким детектором может служить и невооруженный человеческий глаз, но в наше время лишь астрономы-любители ведут наблюдения таким способом.

Чтобы смотреть на изображение в телескопе просто глазами, тебе придется воспользоваться окуляром. Обычно он состоит из двух или более небольших линз, помещенных в маленькую трубку. Окуляры телескопа можно менять с тем, чтобы изменять увеличение или площадь того участка неба, на который ты собираешься смотреть. Для большинства оптических наблюдений сила увеличения не особенно важна. При наблюдении планет, например, слишком сильное увеличение дает расплывчатое и колеблющееся изображение. При работе с небольшим телескопом не советуем тебе пользоваться окуляром с сильным увеличением, так как изображение в этом случае будет смазанным.

Профессиональные астрономы применяют в своей работе фотопленку и фотопластинки, а также электронные приборы. В последнем случае нужен и компьютер, чтобы можно было посмотреть изображение на экране и хранить результаты наблюдения в виде последовательности цифр. Для профессиональных астрономов сила увеличения не существенна: если сделана фотография или получено компьютерное изображение, то они всегда могут быть увеличены.

Телескопы-рефракторы

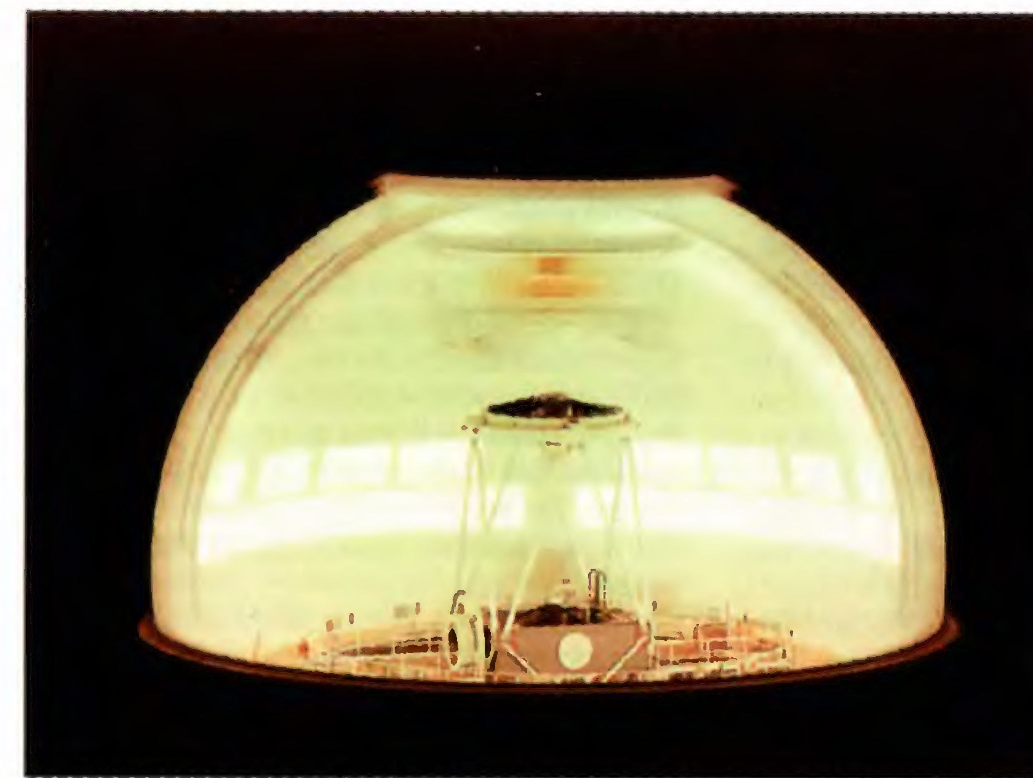
Галилей впервые применил в телескопе линзы, чтобы улавливать световые лучи и фокусировать их в изображение. В телескопах такого вида, рефракторах, передняя линза – объектив – создает главное изображение в задней части телескопической трубы. Обычный бинокль состоит из двух телескопов-рефракторов, смонтированных вместе параллельно друг другу. Самый большой рефрактор в мире, который находится в Йеркской обсерватории в штате Висконсин (США), имеет линзу диаметром в 1 м. В наше время в профессиональной астрономии телескопы-рефракторы не применяются очень широко. Ведь астрономам необходимо собрать как можно больше света, а построить действительно большой телескоп с зеркалами гораздо легче. Линза с диаметром более 1 м была бы слишком толстой и слишком тяжелой, чтобы ее можно было использовать в телескопе. Многие любители предпочитают пользоваться небольшими рефракторами, особенно для непосредственного наблюдения.



▷ Бинокль представляет собой два миниатюрных телескопа-рефрактора, соединенных параллельно. Маленькие призмы внутри каждой трубки отражают свет таким образом, чтобы длина трубки могла быть небольшой и чтобы изображение не было перевернутым. Бинокль — это идеальный прибор для первоначальных астрономических наблюдений.



◁ Обсерватория в Ла-Пальма, Канарские острова. Слева виден купол телескопа Уильяма Гершеля, справа — башня солнечного телескопа. Это самая большая астрономическая обсерватория в Европе.



◁ Диаметр телескопа Уильяма Гершеля в Ла-Пальма, Канарские острова, равен 4,2 м. Этот телескоп снабжен большим количеством разнообразного научного оборудования, предназначенного для изучения света, идущего от звезд и галактик.



◁ В телескопе-рефракторе имеется оптический объектив, создающий изображение, и окуляр для увеличения размеров этого изображения.



◁ Этот телескоп-рефлектор имеет вогнутое главное зеркало, создающее изображение. Вспомогательное зеркало, также искривленное, отражает свет, направляя его в окуляр. Окуляр можно заменить фотокамерой, чтобы делать снимки.

Телескопы-рефлекторы

Идея использовать в телескопе зеркало вместо оптической линзы впервые была выдвинута Джеймсом Грегори (1638–1675) в 1663 г. Свет можно собирать и фокусировать не только оптической линзой, но и вогнутым зеркалом. Главное изображение возникает перед зеркалом (в месте, называемом главным фокусом), поэтому телескопу-рефлектору необходимо по крайней мере еще одно дополнительное зеркало, чтобы направлять изображение в более удобное место.

В маленьких телескопах направление света часто изменяют при помощи маленького плоского зеркала, расположенного внутри трубы, в ее боковой части. Такие рефлекторы называют «Ньютоновыми», по имени сэра Исаака Ньютона (1642–1727), который в 1668 г. создал первый удачный телескоп-рефлектор. Другой способ решения этой проблемы, который часто применяют на исследовательских телескопах и в некоторых типах любительских телескопов, состоит в установке маленького искривленного зеркала вблизи верхней части трубы для того, чтобы направить свет обратно, вниз, через маленькое отверстие в центре главного зеркала. На очень больших телескопах часто используют и другие хитроумные приспособления. Иногда, если телескоп достаточно велик, наблюдатель может даже сидеть в кабине, подвешенной на верхушке телескопической трубы! Рефлекторы, особенно большие, не нуждаются в закрытых трубах. Обычно это просто каркас из металлических стержней, который закрепляет зеркала и инструменты в нужных местах. Самый большой в мире рефлектор, телескоп Кека, находится на Гавайях, США. Его главное зеркало состоит из 36 секций, которые находятся под строгим наблюдением компьютеров.

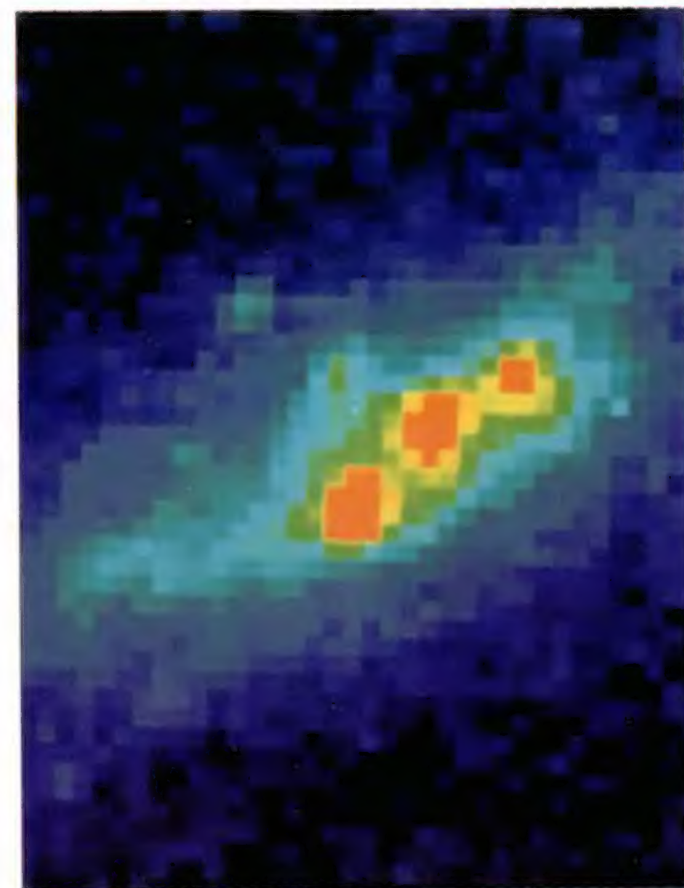
Фотография и построенное изображение

Наблюдение невооруженным глазом — дело увлекательное, однако профессиональные астрономы, да и многие любители тоже, предпочитают иметь постоянные точные записи того, что они видят, и потому применяют фотопластинки или специальные электронные приборы. К тому же это имеет и еще одно преимущество. Изображения слабых объектов могут быть усилены при помощи долгой экспозиции — в течение многих минут и даже часов — при условии, что телескоп будет точно следить за движущимися звездами. Посмотрев в телескоп впервые, ты, вероятно, будешь очень разочарован. Почти все фотографии, которые ты видишь в книгах (включая и эту), сделаны на больших телескопах с долгой экспозицией. Большую часть деталей этих снимков нельзя увидеть глазами, глядя в телескоп.

В наше время большинство исследователей используют электронные приборы для обнаружения света (электронные детекторы света). Они умеют регистрировать отдельные импульсы световой энергии, называемые фотонами. Для некоторых целей бывают также полезны и фотографии, однако электронные детекторы гораздо чувствительнее, чем фотокамеры. В них используют материалы, чрезвычайно чувствительные к свету. Когда фотоны падают на них, возникает слабый электрический ток. Такой тип детектора можно использовать для измерения яркости звезды. Прибор с зарядовой связью (ПЗС) — это система световых детекторов, напоминающая шахматную доску. Он строит изображение, записывая, в какой квадратик «доски» попал каждый фотон. Каждый квадратик называется элементом картинки или, короче, пикселом. На очень сильно увеличенных астрономических изображениях ты можешь увидеть картинку, составленную из пикселов. Детекторы такого вида используются и в ручных видеокамерах. Камера ПЗС примерно в 50 раз чувствительнее обычной фотокамеры.

Раскрашивай свои изображения

Какой цвет на самом деле имеют звезды и планеты? Мы считаем «настоящими» цветами те, которые видим своими глазами, но ведь глаза — это всего лишь один из видов световых детекторов, и вовсе не все люди видят цвета одинаково. Фотокамеры и электронные световые детекторы фиксируют цвета гораздо точнее.



△ Это изображение галактики было сделано камерой ПЗС; на картинке видны отдельные квадратики — пиксели.

Шкала длин волн



Атом, одна десятимиллионная часть миллиметра



Бактерия, одна десятитысячная часть миллиметра



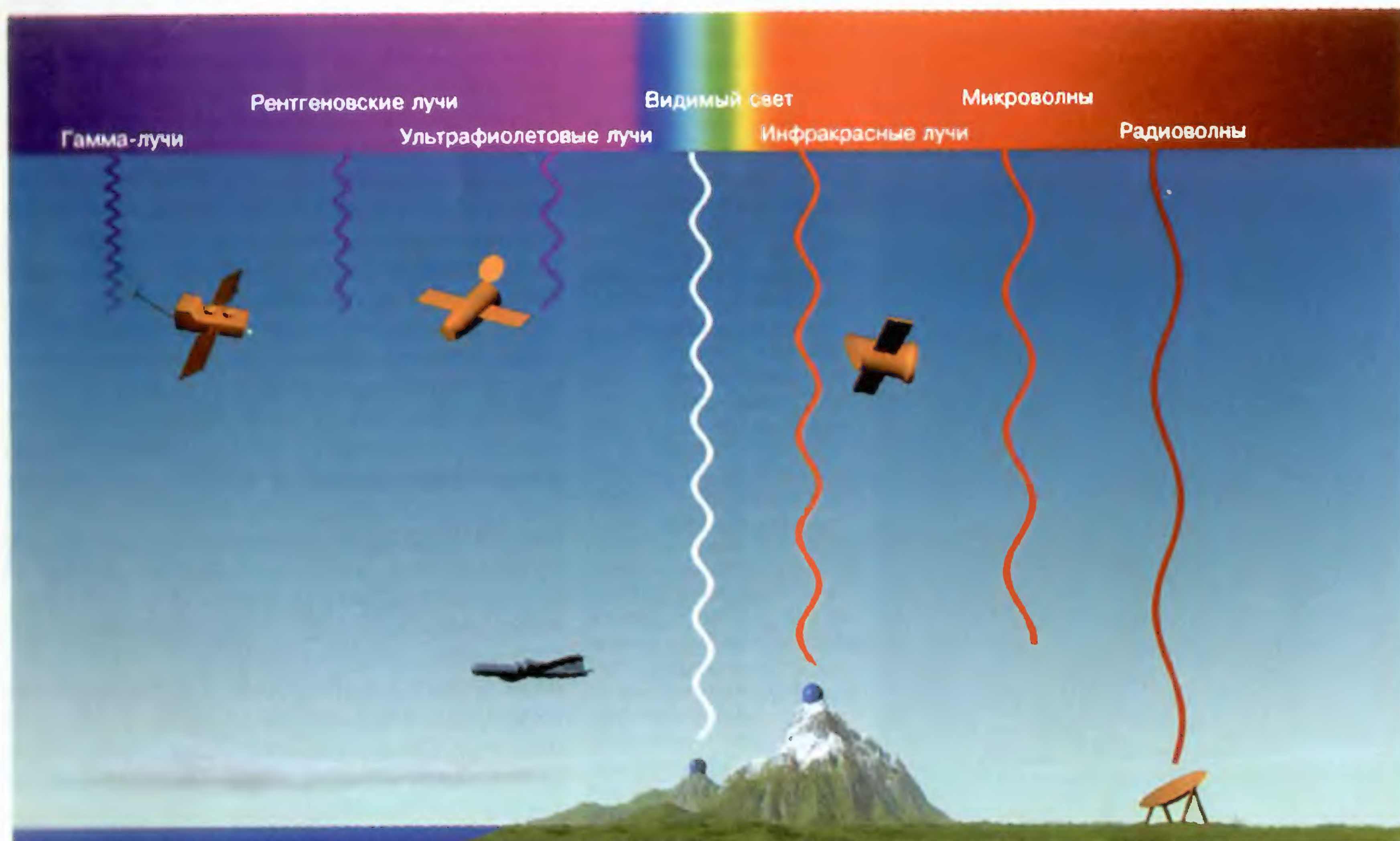
Частицы пыли, одна сотая часть миллиметра



Булавочная головка, 1 мм



Ребенок, 1м



◁ Электромагнитный спектр — от радиоволн до гамма-лучей. Видимый свет — это всего лишь один пример такого рода излучений. У радиоволн самая низкая энергия, а у гамма-лучей — самая высокая. Инфракрасное излучение называют также тепловым. Радиоволны и свет можно изучать, используя телескопы на уровне земной поверхности. Для изучения других видов радиации телескопы необходимо устанавливать высоко в горах или даже отправлять в космос на спутниках, вращающихся вокруг Земли.

Если изображение хранится в компьютере в виде набора пикселей, то его можно показать на экране или напечатать, раскрасив любыми цветами. Если это цвета не натуральные, то их называют «условными цветами». Такой же эффект ты можешь получить, если изменишь цветовой баланс на экране обычного телевизора. Условные цвета помогают сделать изображение более контрастным. А чтобы получить изображения объектов, излучение которых невидимо для нашего глаза — например, инфракрасные, рентгеновские лучи или радиоволны, — всегда приходится пользоваться условными цветами.

Вне пределов радуги

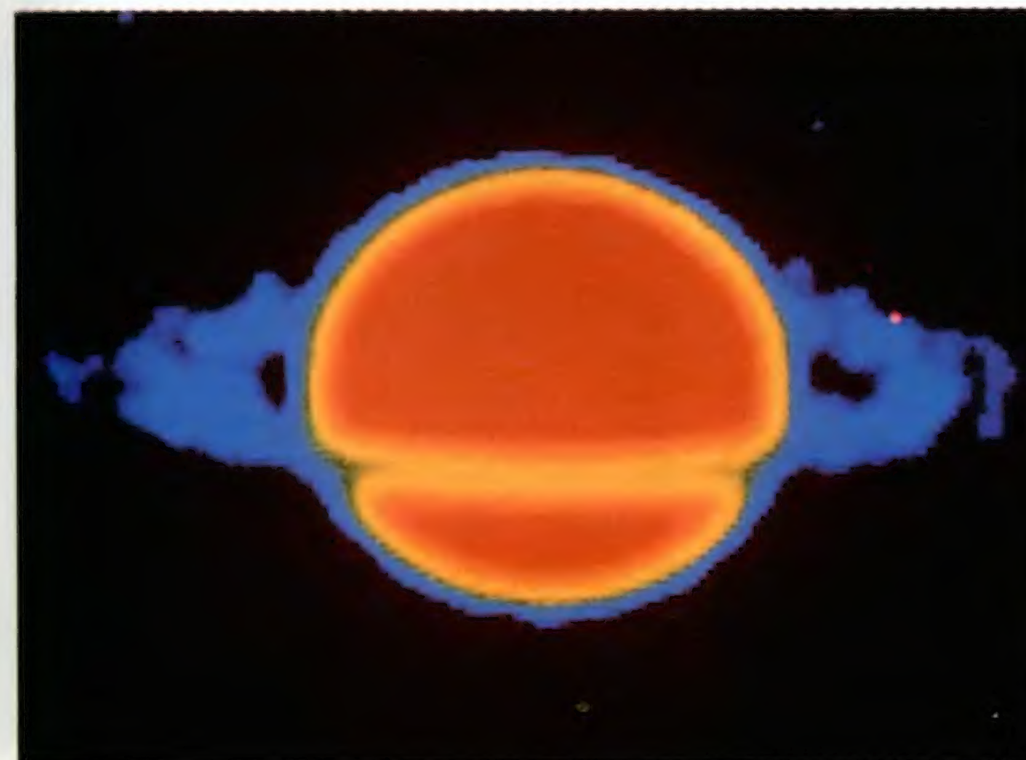
Свет является одной из форм энергии, называемой электромагнитным излучением. Он может проходить через пустое пространство и состоит из отдельных волновых «пакетов», называемых фотонами. Волны в пакетах видимого света представляют собой чрезвычайно быстрые колебания с длиной волны менее одной тысячной доли миллиметра. При расположении света в спектр цветов, например в радуге, или после прохождения через стеклянную призму, можно видеть последовательность волн разной длины. Длина волны фиолетового света примерно вдвое меньше, чем красного.

Но свет — это не единственный вид электромагнитного излучения. Электромагнитный спектр продолжается в обе стороны за пределы цветов радуги: за фиолетовыми волнами — к гораздо более коротким, а за красными — к гораздо более длинным волнам. В области спектра с более длинными волнами располагаются инфракрасное излучение, микроволны и радиоволны. А в области с более короткими волнами находятся ультрафиолетовое излучение, рентгеновское излучение и гамма-лучи.

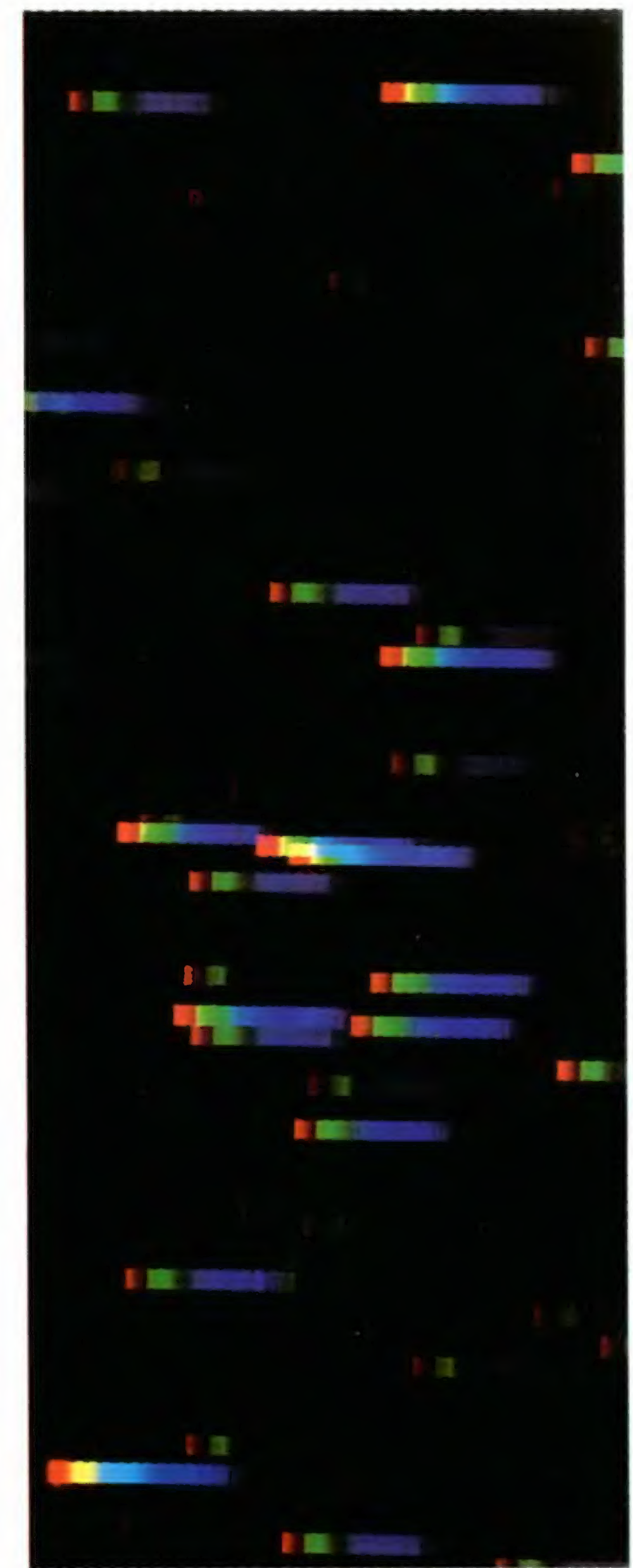
Астрономы изучают весь спектр, от одного конца до другого. Однако не всякая радиация проникает сквозь воздух и достигает поверхности Земли. Гамма-лучи, рентгеновские и ультрафиолетовые лучи приходится наблюдать только со спутников, вращающихся вокруг Земли выше атмосферного слоя.

Наблюдая за тем, какое количество излучения определенных длин волн приходит от какого-нибудь объекта типа звезды или раскаленного газового облака, астрономы могут вычислить различные параметры этого объекта — например его плотность и температуру, его траекторию и химический состав. Разложение электромагнитных излучений по длинам волн с целью их изучения называется спектроскопией, то есть рассматриванием спектра.





◁ Два изображения Сатурна: в видимых лучах (сверху) и в условных цветах (снизу). На первом снимке солнечный свет, отражаясь от покрытой облаками верхней части планеты и ее колец, освещает всю эту картину. На втором изображении цвет использован для того, чтобы показать силу радиоизлучения с длиной волны 2 см.



▷ Цвета радуги, или спектры звезд, говорят астрономам о том, из чего состоят эти звезды и какова их температура.

ПЕРВЫЕ ШАГИ В АСТРОНОМИИ

Ты хочешь увидеть побольше звезд и планет, так какой же телескоп тебе следует приобрести и что еще понадобится? Каждый опытный любитель скажет тебе, что те недорогие телескопы, которые можно купить в обычном магазине, как правило, приводят к ужасному разочарованию. Помни о том, что сила увеличения не имеет большого значения! Тебе нужны линзы и зеркала хорошего качества и устойчивый треножник. Если хочешь купить телескоп, лучше обратиться в магазин, который специализируется на астрономических телескопах. Следующий полезный шаг — приобрести приличный бинокль. Многие астрономы-любители предпочитают прочесывать небо с помощью бинокля в поисках интересных объектов и новых комет. Но даже если у тебя нет ни телескопа, ни бинокля, ты все равно получишь удовольствие, путешествуя по небу с помощью звездных карт.

Во многих городах есть местные астрономические общества, и их члены почти всегда рады оказать помощь новичкам.



Радиоастрономия

Развитие радиоастрономии началось в 1940-х гг., когда впервые случайно были обнаружены космические радиосигналы. Множество объектов, от Солнца до галактик, и даже сама Вселенная, излучают радиоволны. Радиоволны проникают сквозь атмосферу, так что большие радиотелескопы можно строить прямо на Земле. Радиотелескопы работают круглые сутки, причем независимо от погоды, поскольку радиосигналы проходят даже сквозь облака.

Радиотелескоп по принципу своего действия во многом похож на оптический: он собирает излучение и фокусирует его на детекторе, настроенном на выбранную длину волны, а затем так преобразует этот сигнал, чтобы можно было построить условно раскрашенное изображение неба, показывающее силу радиосигналов этой длины волны во всех его участках. Как известно, радиоволны используются для связи, но определенные диапазоны частот специально резервируют и держат чистыми для радиоастрономов.

В большинстве известных типов радиотелескопов в качестве антенны, то есть устройства для улавливания радиоволн, применяется большая вогнутая чаша. Она действует в точности так же, как искривленное зеркало оптического телескопа-рефлектора, и чем больше ее диаметр, тем более слабый сигнал способна она уловить.

Если с помощью радиотелескопа хотят получить столь же детальные карты неба, какие дают оптические телескопы, то радиотелескоп должен превосходить оптический по размеру в той же пропорции, в какой радиоволны длиннее световых волн, то есть в десятки тысяч раз. Для этого потребовались бы гигантские вогнутые чаши диаметром во многие километры, что, очевидно, невозможно. Радиоастрономы решают эту проблему, соединяя между собой некоторое количество меньших антенн и направляя в компьютер их совместные наблюдения. В некоторых радиообсерваториях на обширной территории устанавливается огромный набор антенн. Кроме того, налаживают связь между антеннами, находящимися далеко друг от друга, в разных странах и даже на разных континентах.

Космические телескопы

Земная атмосфера жизненно важна для нашего существования. Она содержит кислород, которым мы дышим, подобно одеялу удерживает у поверхности Земли тепло и, как фильтр, не пропускает к нам вредоносное ультрафиолетовое излучение Солнца. Однако для астрономов атмосфера имеет и свои теневые стороны. Чтобы вести наблюдения в областях спектра, лежащих за границами видимого света, радиоволн и ограниченного участка инфракрасного диапазона, необходимы космические телескопы, летающие по орбитам высоко над атмосферой. Атмосферный воздух изменяет видимые невооруженным глазом изображения звезд, превращая четкие и устойчивые точки в мерцающие круги. Мерцание звезд, вызванное неустойчивостью воздуха, очень затрудняет получение высококачественных астрономических снимков с поверхности Земли, хотя, разумеется, придумано несколько хитроумных способов решения этой проблемы. Работе астрономов очень мешает и облачная погода. Еще одна проблема — световые помехи. Из-за городских и дорожных огней, рассыпанных почти повсюду, атмосфера слабо светится. Этот световой фон очень вредит астрономическим наблюдениям. Отчасти эти проблемы решаются строительством обсерваторий в отдаленных местах, высоко в горах, а одна обсерватория построена даже на летающем самолете; но есть такие виды наблюдений, которые можно производить только с помощью космических телескопов — таких, как широко известный космический телескоп «Хаббл», созданный совместно Соединенными Штатами и сообществом европейских стран. Этот телескоп с диаметром главного зеркала 2,4 м предназначен для наблюдений как в ультрафиолетовой, так и в видимой областях спектра. Запущенный в 1990 г., он должен был работать в течение 15 лет. В конце 1993 г. команда астронавтов произвела ремонт космического телескопа «Хаббл», заменив износившиеся части.

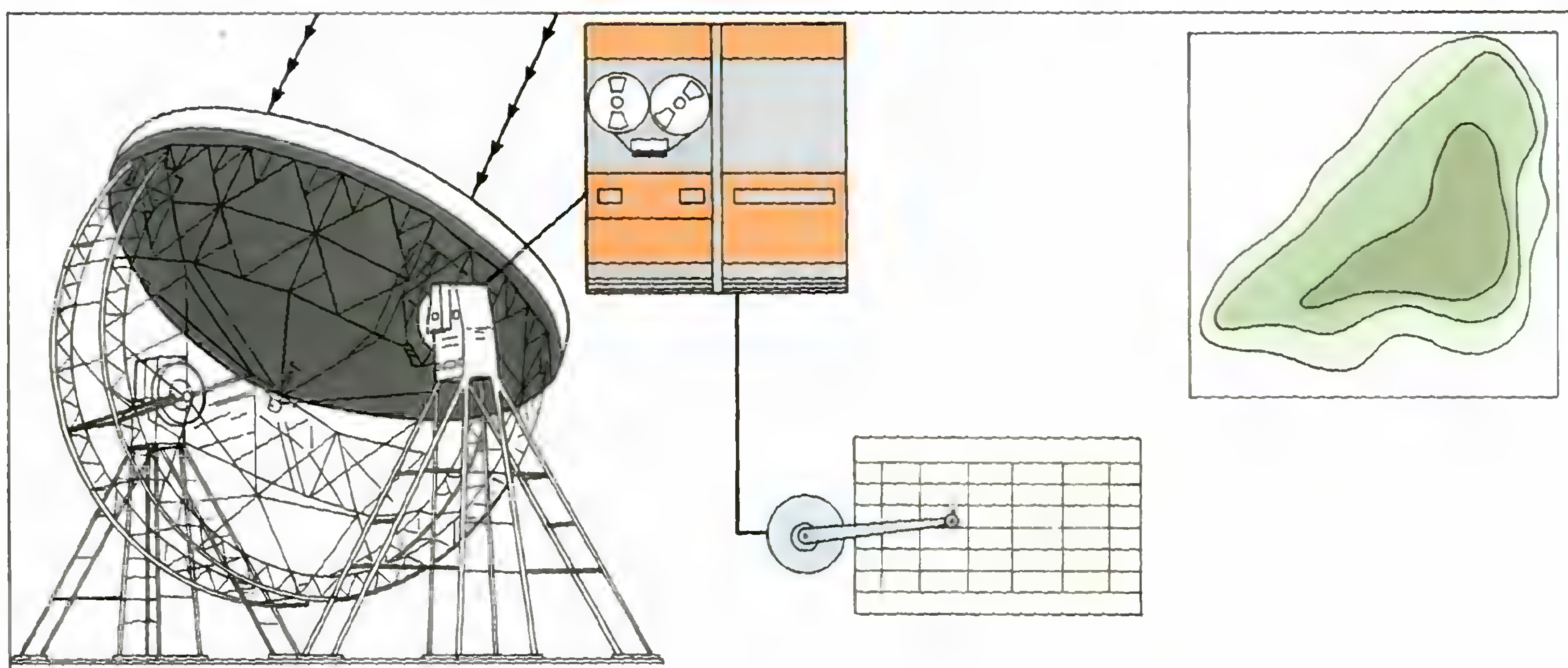
Начиная с 1960-х гг. было запущено и успешно действовало много других космических телескопов; планируется и запуск новых. Каждый такой телескоп специально предназначен для исследования конкретной области спектра и работает, как правило, от нескольких месяцев до нескольких лет. Эти автоматизированные телескопы работают по командам с Земли, которые им передают по радио астрономы, находящиеся на станциях управления.

Исследование планет

Звезды и галактики находятся так далеко от нас, что в настоящее время нет ни малейшей надежды послать туда космический корабль; но исследовать Солнечную систему с помощью роботов — это вполне реальная задача. Не все подобные попытки оказываются успешными, но ко всем планетам (кроме Плутона), к Луне, комете Галлея и некоторым астероидам космические корабли либо уже подходили достаточно близко, пролетая мимо, либо выходили на орбиту вокруг этих небесных тел, либо даже садились на их поверхность. В результате наши знания о планетной системе, накопленные с 1960-х гг., невероятно расширились. Увеличенные изображения планет и их лун отправляются на Землю по радио при помощи телевизионных камер, находящихся на борту космических кораблей.

Космические корабли запускались на орбиту вокруг Марса и Луны и, находясь там в течение нескольких месяцев, сделали достаточное количество снимков для построения полных карт поверхности этих тел. Летавшие на орбите вокруг Венеры корабли «Венера-15», «Венера-16» и «Магеллан» также сняли карту всей планеты, но уже с помощью радиолокации. Венера постоянно закрыта облаками, так что увидеть ее поверхность невозможно. Радиолокатор (радар) получает отраженные от поверхности планеты радиосигналы, по которым и строится подробное изображение.

Луна — единственное небесное тело, на котором побывали люди. За период 1969–1972 гг. было произведено шесть успешных высадок астронавтов на Луну по программе «Аполлон», разработанной в Соединенных Штатах. Астронавтам удалось привезти на Землю образцы пород с поверхности Луны для геологического анализа. В 1976 г. образцы лунного грунта были взяты и доставлены на Землю советским космическим кораблем. Космические корабли без людей на борту совершили также успешные посадки на Венеру и Марс. Две экспедиции оказались особенно удачными: это были полеты космических кораблей «Вояджер-1» и «Вояджер-2», запущенных в США в 1977 г. Обе ракеты были посланы к Юпитеру и Сатурну и передали оттуда на Землю совершенно потрясающие изображения этих гигантских планет и их лун. После этого в 1986 г. «Вояджер-2» пролетел вблизи Урана, а в 1989 г. — вблизи Нептуна, успешно передав на Землю ряд превосходных снимков и оттуда.



◁ Чаша радиотелескопа собирает радиоволны в своем фокусе, где расположен приемник. Усиленный сигнал регистрируется и записывается в графическом виде. Таким образом можно строить контурные карты различных участков неба.



▷ Радиотелескоп Ловелла в Джодрел-Бэнк, Великобритания.



◁ Космический телескоп «Хаббл», который был отремонтирован в 1993 г.

Строительные кирпичики Вселенной



Все сущее во Вселенной — галактики, звезды, планеты, живые существа на Земле — состоит из некоторого количества основных химических элементов. Наименьшая частица химического элемента называется атомом. Атомы состоят из субатомных частиц — протонов, нейтронов и электронов. Группы атомов, объединяясь в молекулы, образуют огромное количество разнообразных веществ нашего мира.

Астрономы хотят узнать, как образовались галактики, почему звезды светятся, из чего состоят планеты. Чтобы ответить на эти и множество других вопросов, относящихся ко Вселенной, нам необходимо понять, что представляет собой материя. Планета Земля и даже наши собственные тела состоят в точности из тех же самых основных элементов, что и наиболее удаленные галактики. И поэтому все, что узнали в своих лабораториях ученые относительно элементарных частиц, из которых состоит материя, является чрезвычайно важным и для астрономии.

Предположим, что у нас есть микроскоп огромной мощности. Что произойдет, если мы будем разглядывать с его помощью, скажем, кусочек железа? По мере нарастания увеличения, вначале не будет происходить ничего особенного. Маленькие части куска железа выглядят более или менее так же, как и весь кусок. Но если произвести увеличение в миллионы, и миллионы, и миллионы раз, то окажется, что железо состоит из каких-то шариков с нечеткими очертаниями, касающихся друг друга. Наиболее мощные микроскопы дают возможность разглядеть самые мельчайшие кусочки железа.

Приблизительно за 400 лет до н. э. греческий ученый Демокрит предположил, что вся материя состоит из мельчайших неделимых частиц, которые он назвал атомами, что по-гречески означает «неделимый». Доказать свою идею он, разумеется, не мог, но мы сегодня знаем, что он был абсолютно прав, — за исключением того, что атомы можно расщепить на еще более мелкие частицы.

Внутри атома

Если уложить в ряд несколько миллионов атомов, то длина этого ряда не будет превосходить одного миллиметра. Но внутри каждого атома находится ядро, которое по размеру в тысячи раз меньше самого атома. Представь себе модель атома, в которой ядро по величине равно булавочной головке. Тогда весь этот атом имел бы около 10 м в поперечнике.

Атомное ядро состоит из частиц двух видов, протонов и нейтронов. Они притягиваются друг к другу мощными внутриядерными силами. Протоны несут на себе малые положительные электрические заряды, а нейтроны не имеют никакого заряда. Масса обеих частиц примерно одинакова.

Вокруг ядра находится электронное облако, образующее наружную часть атома, его электронную оболочку, каждый электрон имеет такой же по величине электрический заряд, что и протон, но это заряд противоположного (отрицательного) знака. Сила притяжения между положительным зарядом ядра и отрицательным зарядом электронов удерживает их в атоме. Электроны намного легче протонов и нейтронов. Потребовалось бы около 2000 электронов, чтобы составить массу, равную массе протона. Это означает, что почти вся масса атома сосредоточена в ядре, а большая часть атома представляет собой пустое пространство!

Обычный атом содержит одинаковое количество электронов и протонов, так что результирующий электрический заряд атома равен нулю. Но если атом разогревается или сталкивается с другой частицей, один или несколько электронов могут от него оторваться, и тогда атом остается с положительным зарядом. Такое часто происходит с атомами в звездах и межзвездном пространстве.

Атомы и химические элементы

Простейший из всех атомов имеет всего один протон в качестве ядра и один электрон. Подобные атомы образуют газ водород, который является самым легким из всех химических элементов. Во Вселенной водорода содержится значительно больше, чем чего бы то ни было другого.

Различные химические элементы образуются за счет того, что в ядрах их атомов содержится различное число протонов. Углерод, например, имеет в своем ядре 6 протонов, железо — 26 протонов, а свинец — 82 протона. Наличие нейтронов в ядре также совершенно необходимо — они придают ему устойчивость (за исключением особого случая — водорода). Ядро углерода содержит 6 нейтронов, ядро железа — 30, а ядро свинца — 126. Свинец плотнее, чем железо, а такой тяжелый он потому, что в каждом из его атомов содержится очень большое количество нейтронов и протонов. Каждый элемент обозначается одной или двумя буквами, взятыми из его латинского названия, например: H — водород (hydrogen), He — гелий (helium), C — углерод (carbon).

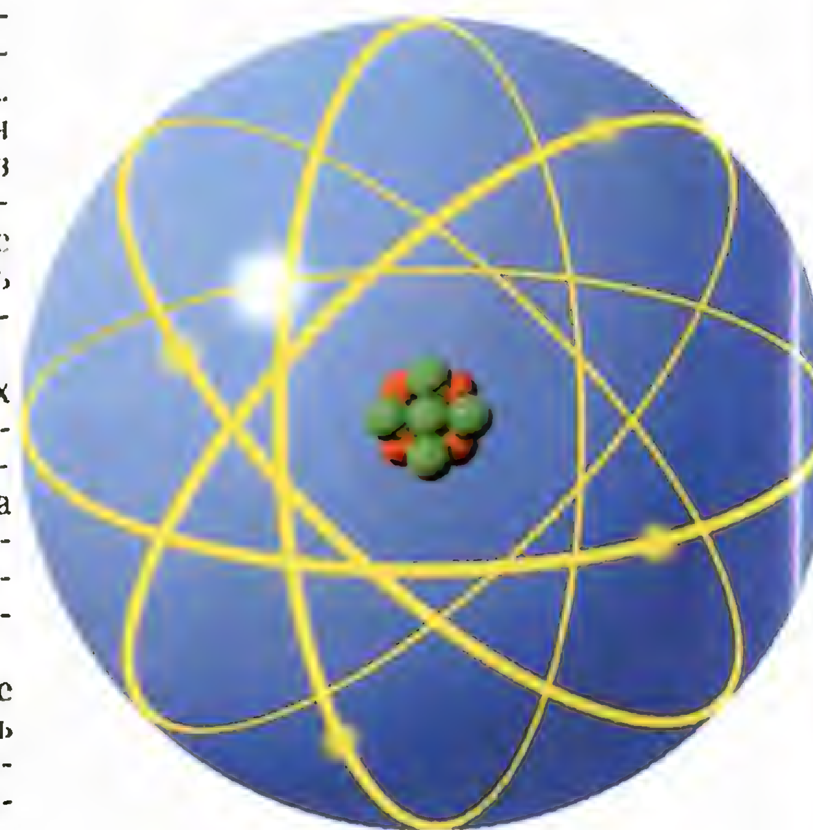
Некоторые очень тяжелые ядра нестабильны, какое бы количество нейтронов в них ни содержалось. Они выбрасывают частицы, превращаясь при этом в другие, более легкие и стабильные элементы. Такие нестабильные элементы называются радиоактивными. Уран и радон — это два радиоактивных элемента, которые естественным образом существуют в природе. Все элементы, имеющие 84 или более протонов, являются радиоактивными. Всего на нашей планете в природе можно встретить 90 различных химических элементов.

Молекулы

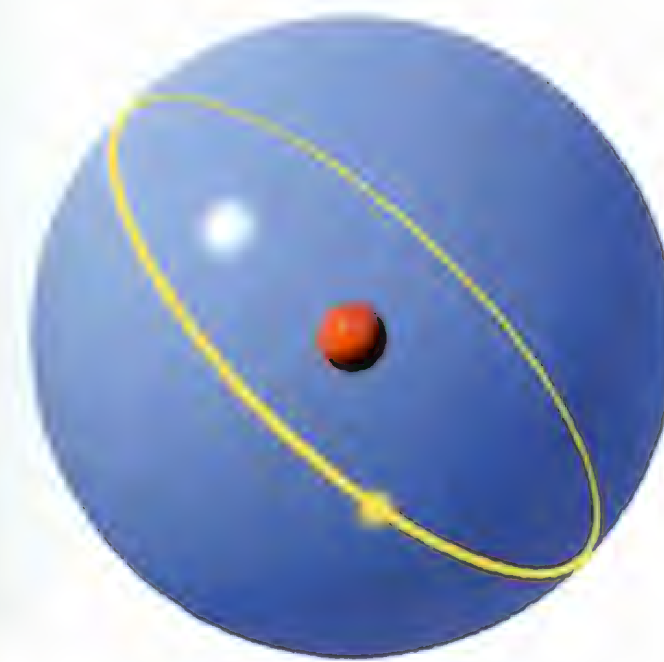
Атомы химических элементов являются главными строительными кирпичиками нашей Вселенной, но большая часть окружающего нас мира состоит не из простых элементов. Существует огромное разнообразие всевозможных материалов, поскольку атомы различных элементов могут связываться вместе, образуя молекулы.

Простейшие молекулы представляют собой два-три атома, у которых некоторые электроны являются общими. Например, молекулы воды содержат два атома водорода и один атом кислорода. Молекулы углекислого газа содержат один атом углерода и два — кислорода. Сокращенно молекула воды обозначается H_2O, а молекула углекислого газа — CO_2. А самые сложные молекулы могут состоять из сотен и даже тысяч атомов. Очень большие, имеющие сложную конструкцию молекулы являются основой того материала, из которого состоят все живые существа.

Под воздействием высоких температур молекулы легко распадаются на части, так что их в принципе можно обнаружить только в самых холодных звездах. Но в ледяных глубинах космоса астрономы открыли гигантские облака, содержащие огромное количество разнообразных молекул.

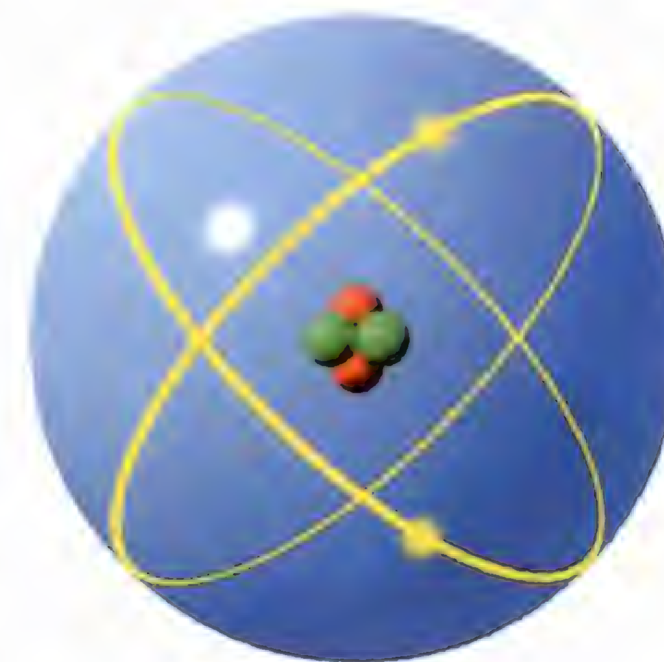


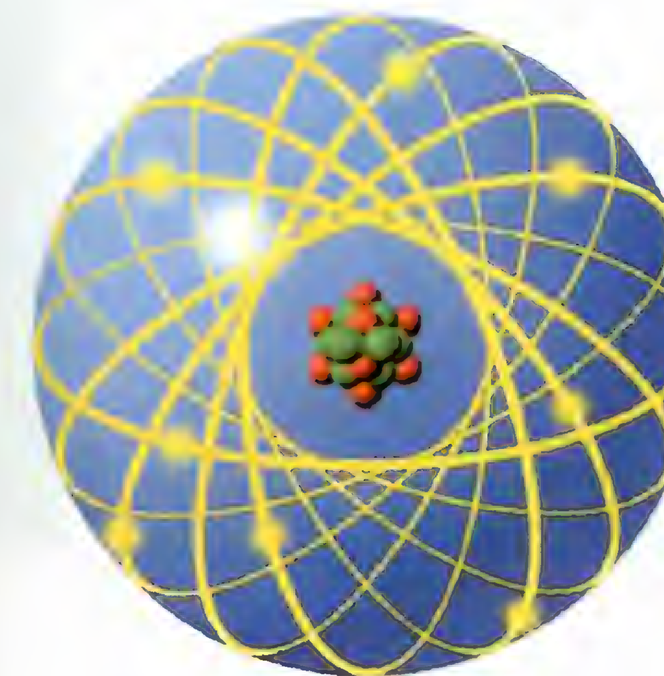
△ Атом химического элемента бериллия имеет в своем ядре четыре протона, несущих положительный электрический заряд, и пять незаряженных нейтронов. Вокруг ядра в атомной оболочке вращаются четыре отрицательно заряженных электрона, в результате чего общий заряд атома равен нулю. На этой схеме размер ядра сильно преувеличен. Он должен был бы равняться неразличимому острию булавки в сравнении с таким размером электронной оболочки.



◁ Атом простейшего химического элемента, водорода, имеет всего один протон в качестве ядра и один электрон. Это единственный элемент, в ядре которого нет нейтронов.

▷ Атомы второго по легкости элемента, гелия, имеют в своих ядрах по два протона и два нейтрона, а на орбитах вращаются два электрона.



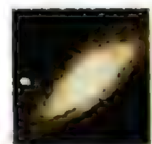


◁ В ядре атома кислорода имеется восемь протонов и восемь нейтронов. Ядро окружено облаком из восьми вращающихся электронов.

НЕКОТОРЫЕ ИЗ НАИБОЛЕЕ ИЗВЕСТНЫХ ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ

Название	*Обозначение*	*Количество протонов*	*Количество нейтронов*
Водород	H	1	0
Гелий	He	2	2
Углерод	C	6	6
Азот	N	7	7
Кислород	O	8	8
Неон	Ne	10	10
Натрий	Na	11	12
Магний	Mg	12	12
Алюминий	Al	13	14
Кремний	Si	14	14
Фосфор	P	15	16
Сера	S	16	16
Хлор	Cl	17	18
Калий	K	19	20
Кальций	Ca	20	20
Железо	Fe	26	30
Никель	Ni	28	30
Медь	Cu	29	34
Мышьяк	As	33	42
Криптон	Kr	36	48
Серебро	Ag	47	60
Олово	Sn	50	70
Вольфрам	W	74	110
Платина	Pt	78	117
Золото	Au	79	118
Ртуть	Hg	80	122
Свинец	Pb	82	126
Радон	Rn	86	136
Уран	U	92	146

Наше место во Вселенной



Земля — это третья по счету планета от Солнца, вращающаяся вокруг него на среднем расстоянии 150 млн км. Солнце удалено от центра нашей галактики, Млечного Пути, на расстояние примерно в 25 000 световых лет. Ближайшая к нам большая галактика — галактика Андромеды — находится от нас на расстоянии около 2 млн световых лет.

Путешествуя в автомобиле, на поезде или на самолете, ты всегда ощущаешь свое перемещение в пространстве. Например, мимо со свистом проносятся разные предметы или тебя трясет и раскачивает. Но если ты неподвижно стоишь на земле, откуда тебе знать, что на самом деле ты совершаешь движение? Большинство людей никогда и не догадалось бы об этом. Ведь всего лишь несколько сотен лет назад даже ученые считали, что Земля неподвижна и является центром Вселенной. Теперь-то нам хорошо известно, насколько эта идея далека от истины.

Наша планета Земля летит по своей орбите вокруг Солнца с огромной скоростью: она пролетает 30 км за каждую секунду. Мало того, Земля еще вращается вокруг собственной оси, совершая один оборот за сутки, а Солнце вместе со всем своим семейством планет движется по галактике Млечный Путь. Однако астрономы, жившие 200 лет назад, не имели в своем распоряжении никаких средств для установления этих фактов.

Философы Греции

Греческий философ Платон (427–347 гг. до н.э.) учил, что все небесные тела движутся с постоянной скоростью по круговым траекториям. Самый знаменитый его ученик, Аристотель, жил с 384 по 322 г. до н.э. и работал главным образом в Афинах. Аристотель был абсолютно уверен в том, что Земля является центром всего сущего. Солнце, Луна и планеты, полагал он, движутся вокруг Земли по траекториям, основой которых являются круги. Несколько лет спустя Аристарх из Самоса (около 310–230 гг. до н.э.) выдвинул свою собственную концепцию, которая заключалась в том, что центром планетной системы является Солнце. Но поскольку в то время для поддержки этой идеи не хватало достаточно надежных результатов астрономических наблюдений, Аристарху не удалось убедить других в правильности своей теории.

Клавдий Птолемей, работавший в Александрии (в нынешнем Египте), поддерживал взгляд греческих ученых на Землю как центр Вселенной; он подробно изложил эту теорию в одной из своих книг, написанной между 127 и 151 гг. Никто не пытался всерьез оспаривать модель Птолемея вплоть до XVI в.

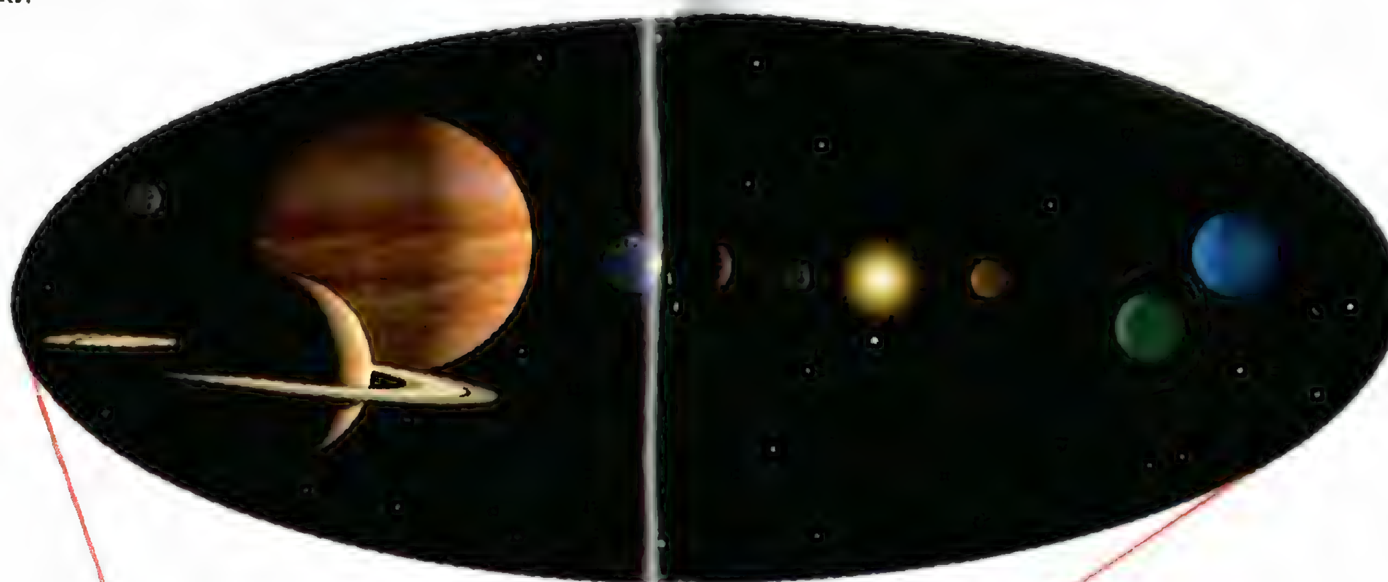
По мнению греческих ученых, окружность является совершенной формой, и только она может служить орбитой. Им даже в голову не приходило, что небесное тело может двигаться по какой-то другой кривой. Однако у них при этом возникала проблема: как объяснить наблюдаемые перемещения планет, если предполагается, что они движутся равномерно вокруг Земли строго по кругу? Чтобы воспроизвести неправильные траектории, которые описывали планеты, проходя по небу, Птолемею пришлось предположить, что они описывают небольшие окружности, центры которых, в свою очередь, двигались вокруг Земли по кругу. Это выглядит довольно сложно, но Птолемей думал именно так. Так или иначе, но общепризнанными были две идеи: что орбиты всегда являются окружностями и что Земля — неподвижный центр Вселенной.

В центре — Солнце

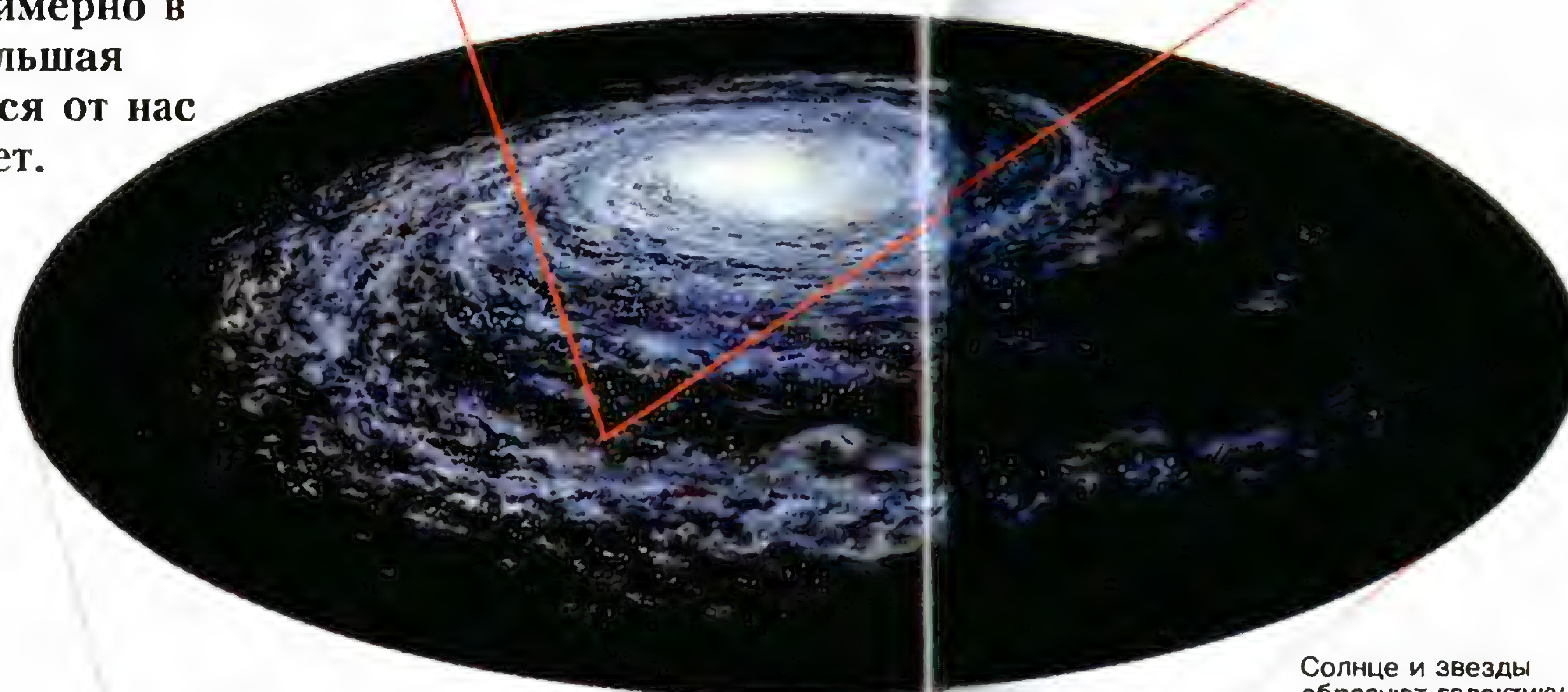
Николай Коперник (1473–1543) ввел в науку совершенно новый способ мышления. Он был убежден, как мы теперь точно знаем, что центром планетной системы является Солнце и что Луна вращается вокруг Земли. Тем не менее он испытывал трудности, пытаясь точно предсказать будущее местоположение планет на небе, поскольку придерживался, как и греческие астрономы, идеи о круговых орбитах.

Следующим достижением астрономии явилась идея Иоганна Кеплера (1571–1630) о том, что орбитами планет являются эллипсы (правильные овалы), а не точные окружности.

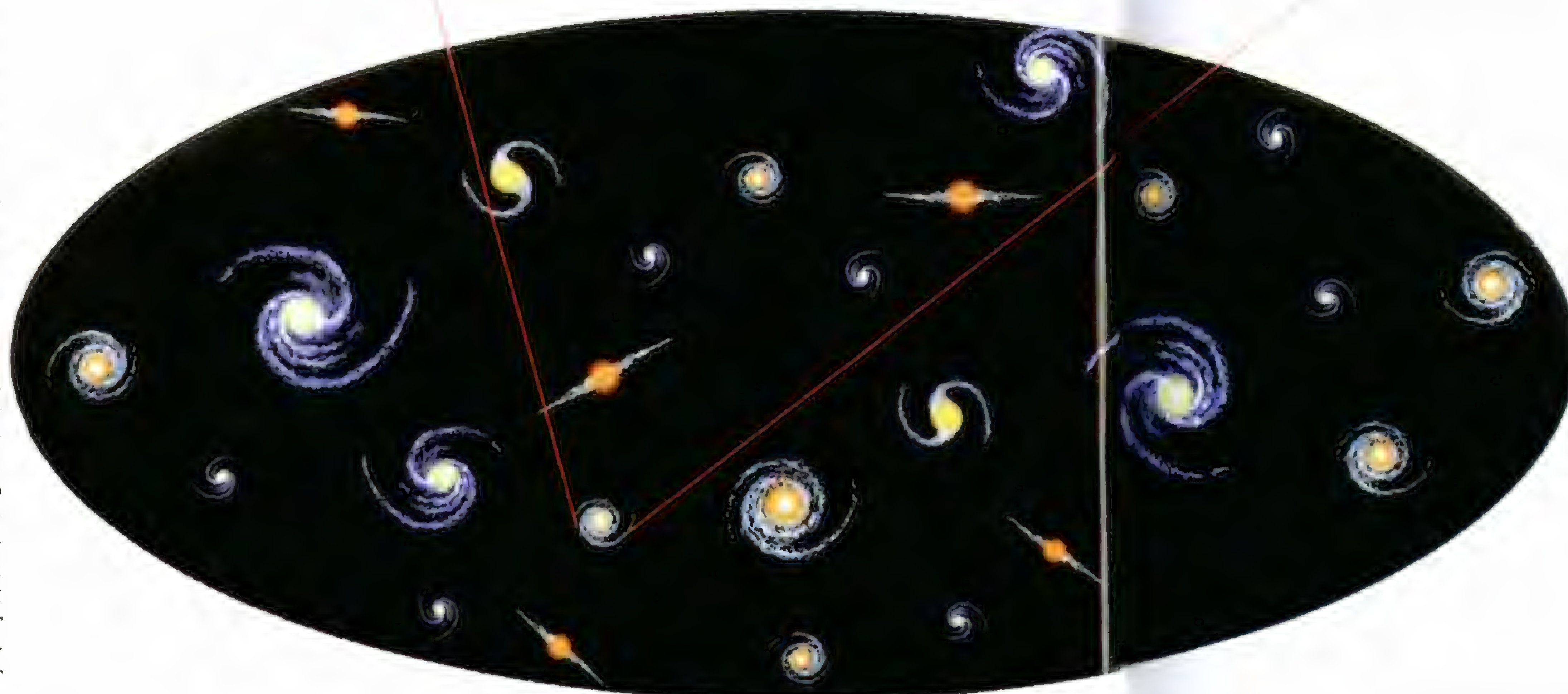
Солнечную систему свет пересекает за одни сутки



Галактику свет пересекает за 100 000 лет



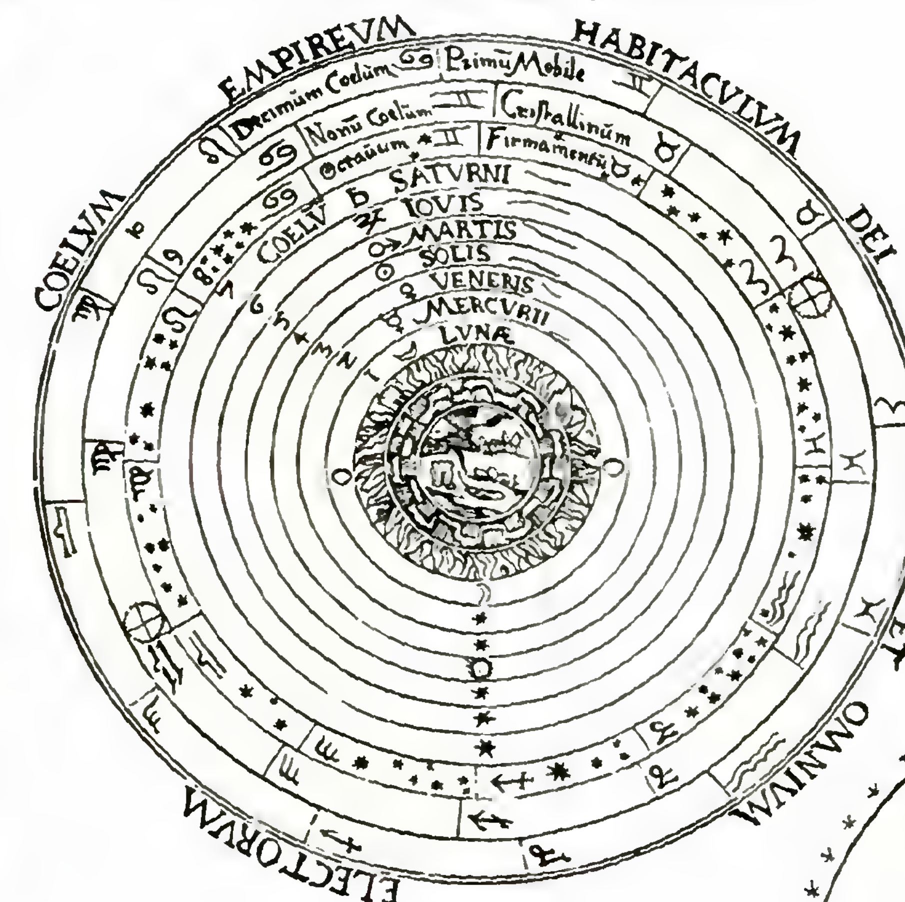
Солнце и звезды образуют галактику Млечный Путь.



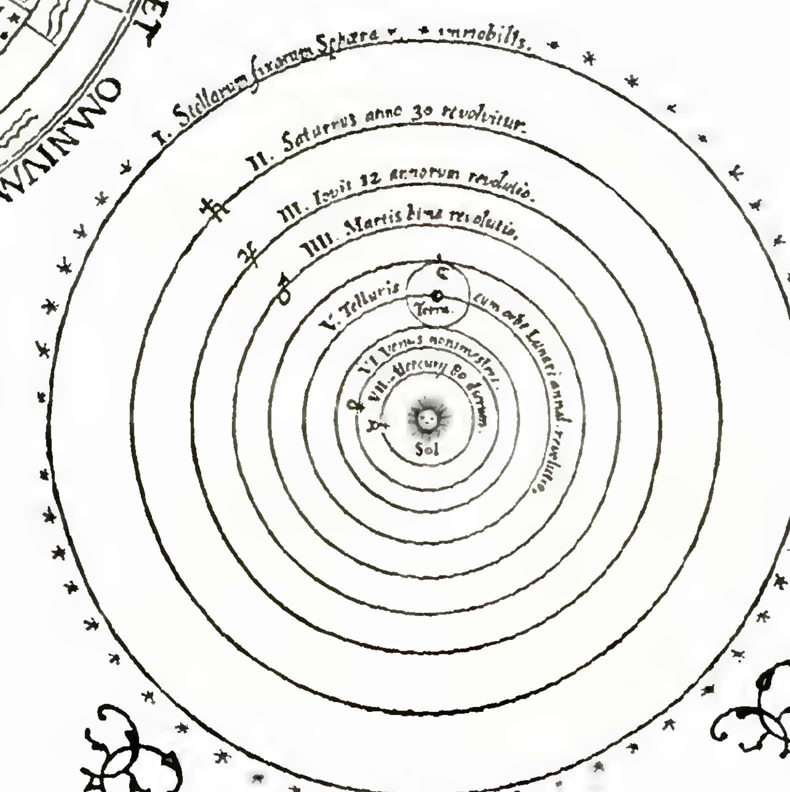
Свет от самых удаленных галактик доходит до нас за 10 млрд лет

Совокупность всех галактик составляет Вселенную.





◁ Представление о Вселенной с Землей в качестве центра было общепринятым в средние века, как показывает эта иллюстрация из книги XVI в. Модель Птолемея не давала возможности точно предсказать положение планет на небе.



▷ Модель Вселенной в представлении Коперника, с Солнцем («sol») в центре Солнечной системы. Коперник опубликовал свою теорию в 1543 г.

Модель, предложенная Коперником и улучшенная Кеплером, изменила представление людей о Вселенной. Кеплер ввел понятие о силе, действующей между Солнцем и планетами. Исаак Ньютон показал, каким образом движение планет можно объяснить его теорией тяготения.

Сегодня мы с уверенностью можем утверждать, что Земля является одной из планет, третьей по счету от Солнца, в семействе девяти больших планет. У многих из этих планет есть луны, которые, в свою очередь, вращаются вокруг них, образуя нечто вроде миниатюрной Солнечной системы. У нас есть только одна Луна. Орбиты всех планет лежат почти точно в одной плоскости, как могли бы лежать большие кольца на столе, так что форма Солнечной системы представляет собой большой тонкий диск.

Астрономическая единица

Среднее расстояние между Землей и Солнцем около 150 млн км. Чтобы не писать постоянно эти миллионы километров, астрономы называют данное расстояние одной астрономической единицей (а.е.). Точная величина астрономической единицы равна 149 597 870 км. Юпитер находится на расстоянии 5,2 а.е. от Солнца, Сатурн — на расстоянии 9,54 а.е., а Плутон — на расстоянии почти 40 а.е.

Ближайшие звезды

Греческие философы полагали, что если бы Земля вращалась вокруг Солнца, то они могли бы видеть изменение картины звездного неба в течение года точно так же, как ты видишь изменение пейзажа вокруг себя, путешествуя по железной дороге. Они же не замечали никаких перемен, но причина этого в том, что звезды удалены от нас гораздо дальше, чем они могли себе представить. Расстояние до ближайшей звезды (не считая Солнца) равно 270 000 а.е., что эквивалентно 4,2 световых лет. Астрономам известно около 2000 звезд, находящихся не более чем в 50 световых годах от Солнечной системы. Почти все они — очень слабые звезды.

Млечный Путь и галактика Андромеды

Невооруженным глазом ты можешь увидеть всего несколько тысяч звезд. Однако ситуация кардинальным образом изменится, если ты просмотришь весь небесный свод с помощью телескопа. Тебе станут видны многочисленные слабые звезды. В одной только широкой полосе, пересекающей небосвод, ты заметишь бесчисленное множество слабых звезд, которые прежде были не видны. Это и есть Млечный Путь.



ОСНОВНЫЕ РАССТОЯНИЯ

От Земли до Луны: 384 000 км
От Земли до Солнца: 150 млн км.
От Солнца до ближайшей звезды: 4,2 световых лет
От Солнца до центра нашей галактики: 25 000 световых лет
От Солнца до галактики Андромеды: 2 млн световых лет

◁ Огромная спиральная галактика, известная как М31, в созвездии Андромеды. Это ближайшая к Млечному Пути спиральная галактика (удаленная на 2 млн световых лет), и она похожа на нашу Галактику. В центральной ее части, или ядре, имеется звездная выпуклость. Кроме того, у нее есть две галактики-спутницы.

В созвездии Андромеды есть маленький туманный участок, который можно увидеть даже невооруженным глазом, если знать, куда смотреть, и если ночь действительно темная. Даже через небольшой телескоп этот участок виден как овальное пятнышко, а на фотографии, сделанной с помощью телескопа побольше, перед нами предстает великолепная спиральная галактика. Она известна как М31, или галактика Андромеды, и представляет собой гигантское семейство миллиардов звезд. Хотя галактика Андромеды наклонена к нам под некоторым углом, нетрудно увидеть, что она имеет форму диска с яркой выпуклостью в середине. В спиральной структуре диска имеются рукава, содержащие не только звезды, но и облака раскаленного газа и дорожки темной пыли, за которыми скрываются звезды. Скопление звезд, образующее светящуюся выпуклость в середине, — это та самая часть галактики Андромеды, которая видна невооруженным глазом.

Очевидно, что наша Галактика похожа на многие другие галактики, наблюдаемые астрономами. Она очень похожа на галактику Андромеды, но не так велика. Глядя в космическое пространство в направлении, лежащем в плоскости диска нашей Галактики, мы видим гораздо больше звезд, чем выше или ниже от этой плоскости, потому что именно в диске сконцентрировано подавляющее большинство звезд. Млечный Путь — это вид на диск нашей Галактики изнутри.

Отдаленные галактики

Галактика Андромеды — единственная спиральная галактика, не считая нашей, которую можно увидеть без телескопа; но существует множество менее ярких галактик, разбросанных по всему небу. Мы можем видеть их, наклоненных под всевозможными углами, и узнать, что они собой представляют. Все звезды Вселенной находятся в галактиках. Между галактиками никаких звезд нет. Наше Солнце — это просто звезда, как многие другие, и принадлежит к одной из галактик. Мы называем нашу собственную галактику (Млечный Путь) Галактикой, с заглавной буквы Г. Глядя на отдаленные галактики, мы можем без труда определить их форму. Но свою собственную Галактику мы видим изнутри. Все звезды, которые видны в ночном небе, принадлежат к нашей Галактике.

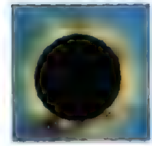


◁ Звездные облака ближе к центру Млечного Пути. В них сгрудились миллионы и миллионы звезд, и среднее расстояние между звездами значительно меньше, чем в окрестностях Солнца.



△ Галактики скопления Печи, среди которых есть спиральные и эллиптические галактики, удаленные от нас на 60 миллионов световых лет.

Земля и Солнце



Каждые сутки Земля делает один оборот вокруг своей оси, наклоненной к плоскости орбиты, по которой Земля вращается вокруг Солнца. За год мы совершаем полное путешествие вокруг Солнца, проходя весь цикл времен года со всеми переменами, которые они приносят с собой. Со звездами также происходят перемены, которые можно наблюдать от ночи к ночи.

В прежние времена люди считали, что Солнце вращается вокруг Земли и что вечер наступает тогда, когда Солнце, в соответствии со своим маршрутом, уходит за линию горизонта. На картинах, обнаруженных в могилах древних египтян, изображается Солнце, едущее по небу в колеснице. Теперь мы знаем, что, путешествуя по орбите вокруг Солнца, Земля одновременно вращается вокруг собственной оси, совершая полный оборот за 24 часа. При этом на той стороне Земли, что обращена к Солнцу — день, а на другой половине — ночь.

Почему же в таком случае день по продолжительности не равен ночи в течение всего года? Как известно, долгота дня и ночи меняется вместе с ходом годового цикла времен года. Времена года на Земле существуют по той причине, что земная ось не находится под прямым углом к плоскости траектории, по которой Земля движется вокруг Солнца. Если бы этот угол был прямым, никаких времен года у нас не было бы. Но ось вращения Земли отклонена от вертикали на угол, равный приблизительно 23,5°.

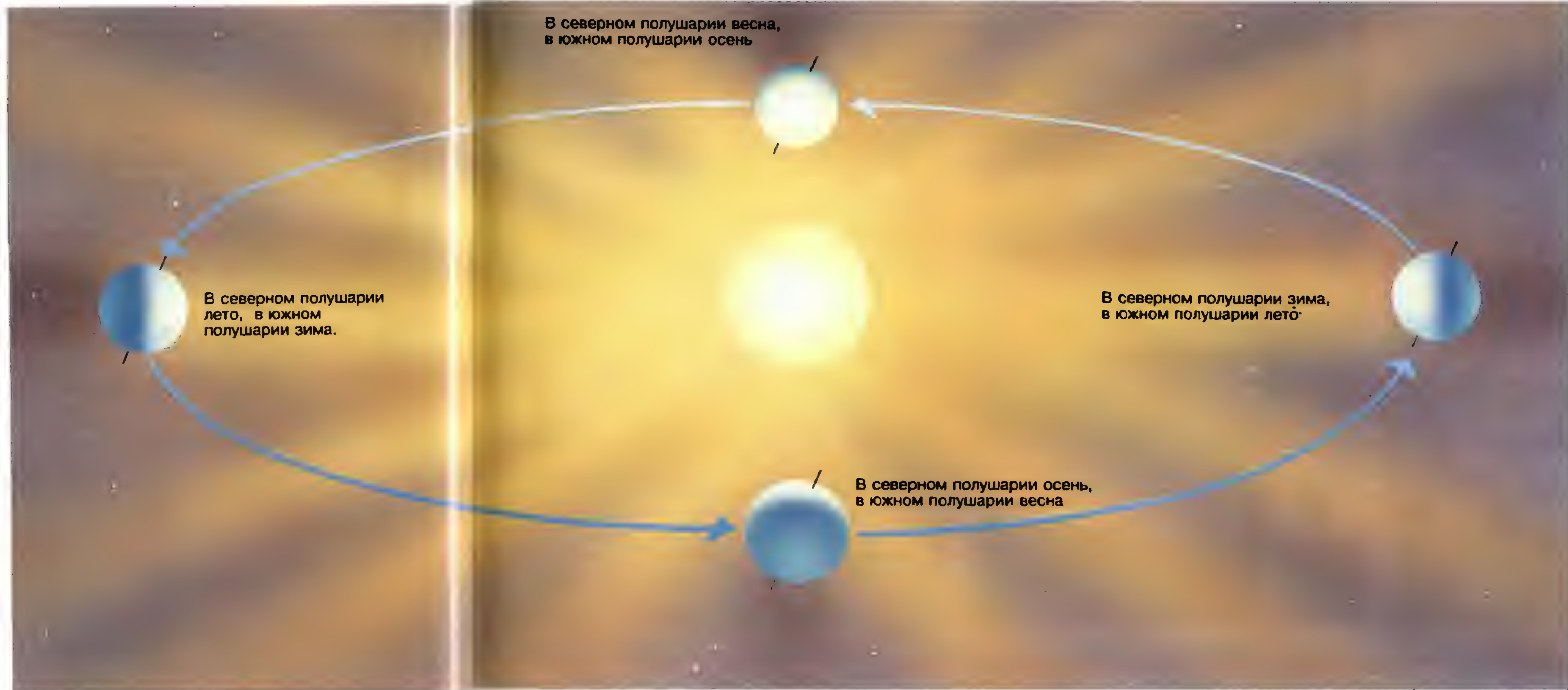
В северном полушарии Земли наступает лето, когда Северный полюс наклоняется в сторону Солнца. Примерно 20 марта Солнце в полдень находится в зените (прямо над головой) на линии экватора. Затем каждый день вплоть до 21 июня Солнце в полдень находится в зените в более северных точках Земли. 21 июня Солнце стоит в зените на тропике Рака. Этот день является серединой лета в северном полушарии, когда долгота дня максимальна. Научное название этого явления — солнцестояние. За Северным Полярным кругом бывают дни, когда Солнце вообще не опускается за горизонт. Вот почему страны, расположенные на крайнем Севере, иногда называют «Землей полуночного Солнца». После 21 июня все эти явления происходят в обратном порядке, до тех пор пока 23 сентября Солнце вновь не оказывается в полдень в зените на линии экватора.

Когда в северном полушарии стоит лето, Южный полюс отклонен от Солнца, и в южном полушарии зима. Времена года в южном и северном полушариях всегда противоположны. 21 декабря Солнце в полдень находится в зените в самых южных точках, где это вообще случается, а именно на тропике Козерога. Это второе солнцестояние в году — середина лета в южном полушарии.

Примерно 21 марта и 23 сентября, когда полуденное Солнце в зените находится на экваторе, во всем мире день продолжается 12 часов и ночь длится тоже 12 часов. Эти дни называются днями весеннего и осеннего равноденствия.

Високосные годы

Мы говорим, что Земля совершает весь свой путь вокруг Солнца за год, но этот год не продолжается ровно 365 суток. Точная продолжительность года, например, от одного дня середины зимы до другого, равна 365,24219 суток. Если бы каждые четыре года мы не добавляли один дополнительный день, то вскоре времена года перестали бы согласовываться с месяцами, что было бы крайне неудобно. Чтобы природный год еще точнее совпадал с календарным, установлены правила, по которым года с номерами, оканчивающимися двумя нулями, например 1900 год, не являются високосными, если только номер года не делится на 400. Так что 2000-й год будет високосным, а 2100-й — не будет. Эта система была введена в 1582 г., заменив календарь Юлия Цезаря (юлианский календарь).



◁ Ось вращения Земли не составляет прямого угла с плоскостью орбиты Земли вокруг Солнца. Она отклонена от вертикали к плоскости орбиты на 23,5°. Если бы она была вертикальной, на Земле не существовало бы никаких времен года, а продолжительность дня всегда равнялась бы 12 часам во всех точках Земли. Наклон оси означает, что в областях Земли, обращенных к Солнцу, день длится дольше и солнечного тепла они получают больше по сравнению с другими частями Земли и поэтому в этих областях сейчас лето. На экваторе продолжительность дня всегда равна 12 часам, и значительных сезонных изменений климата в тропических областях тоже не наблюдается.



◁ На фотографии, сделанной с экспозицией, длившейся всю ночь, видны траектории звезд, описывающих круги вокруг южного небесного полюса из-за осевого вращения Земли. При астрономических съемках телескопы должны настраиваться так, чтобы они двигались точно вслед за звездами, иначе и в этом случае изображения звезд получатся нечеткими, размазанными.

Еженощный парад звезд

Восход Солнца на заре и вечерний его заход — это часть ежедневных явлений природы, знакомых каждому и воспринимаемых как нечто само собой разумеющееся. Но что происходит со звездами? Здесь, на поверхности Земли, мы не можем видеть звезды днем, поскольку атмосфера очень сильно рассеивает солнечный свет, делая небо светлым и голубым.

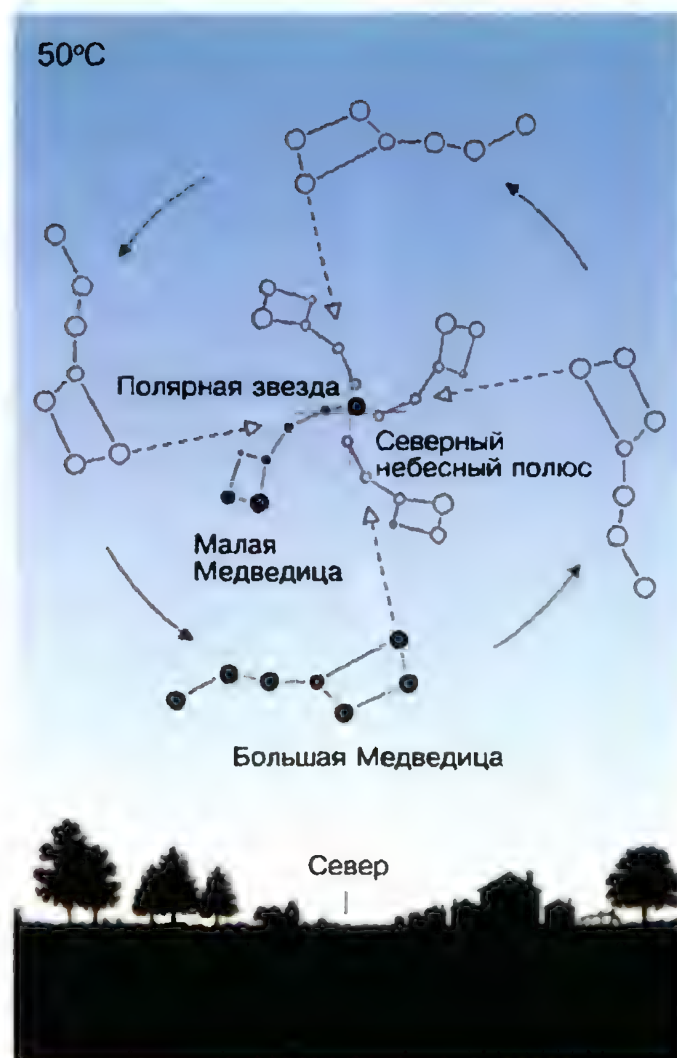
Познакомься со звездами ночного неба и скоро ты поймешь, что они тоже восходят и заходят. Когда наступает темнота, в результате вращения Земли на небосклоне можно видеть одну и ту же последовательность звездных фигур. Новые звезды появляются, поднимаясь вверх в восточной части неба, в то время как другие опускаются за линию горизонта на западе. В соответствии с твоим местонахождением, те или иные звезды никогда не уходят за горизонт. Эти звезды просто описывают круги вокруг небесного полюса. Они называются околополярными звездами и созвездиями.

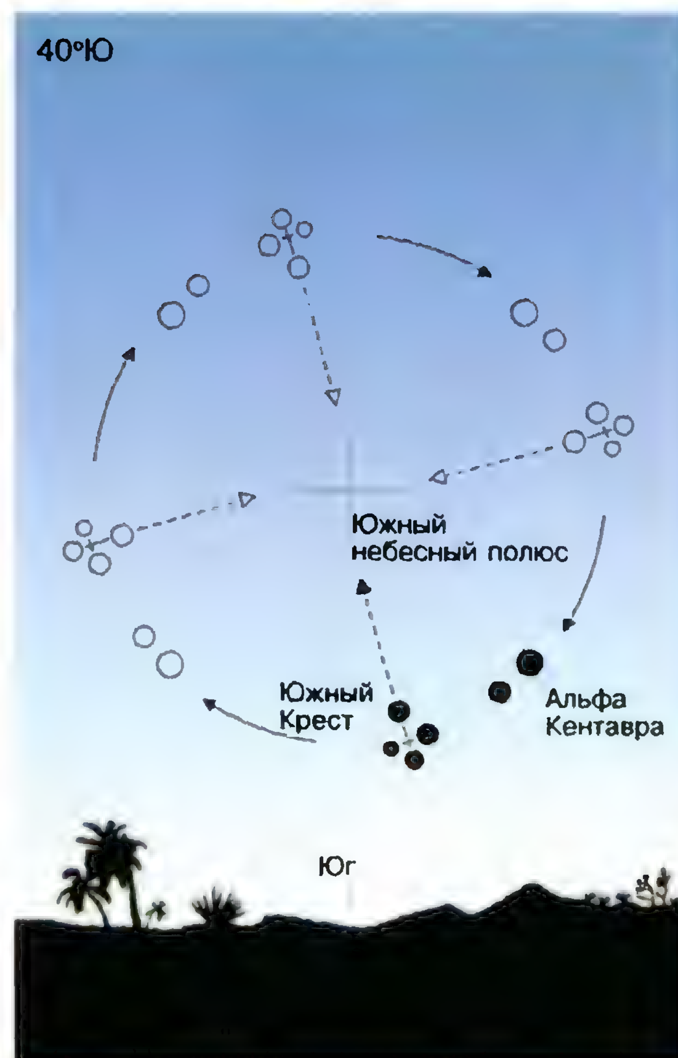
Ты сам легко можешь убедиться в том, что звезды движутся по ночному небу. Если ты будешь просто смотреть на звезды в течение нескольких минут, ты не заметишь их движения. Лучше всего выбрать какую-нибудь яркую звезду, которую ты легко можешь определить. Запомни ее местонахождение относительно какого-нибудь ориентира (например, верха крыши или дерева), когда ты смотришь на нее с определенного места. А потом взгляни на эту звезду снова через час или через два часа. За такое время изменение ее положения на небе станет очевидным.

Смена времен года, смена звездного неба

Хотя сразу ты можешь увидеть лишь половину небесной сферы, но, как мы уже установили, можно увидеть еще и другие звезды, поскольку Земля вращается и они поднимаются над горизонтом. Однако звездное небо меняется не только в течение ночи: ты убедишься, что оно выглядит по-разному также и в зависимости от времени года. Чтобы понять причину этого, мы должны вспомнить о вращении Земли вокруг Солнца.

Представь себе, что сейчас полночь и ты смотришь на звезды. Ты находишься, разумеется, на той стороне Земли, что повернута в сторону от Солнца. А теперь переведем время на шесть месяцев вперед, в будущее. Земля проделала ровно половину своего пути вокруг Солнца, и ее ночная сторона обращена теперь в прямо противоположную сторону пространства по сравнению с тем, куда ты смотрел шесть месяцев назад. Во время своих ночных наблюдений ты видишь теперь совершенно другую часть звездного ландшафта. Таким образом, в разное время года ночная сторона Земли обращена к разным участкам звездного неба.

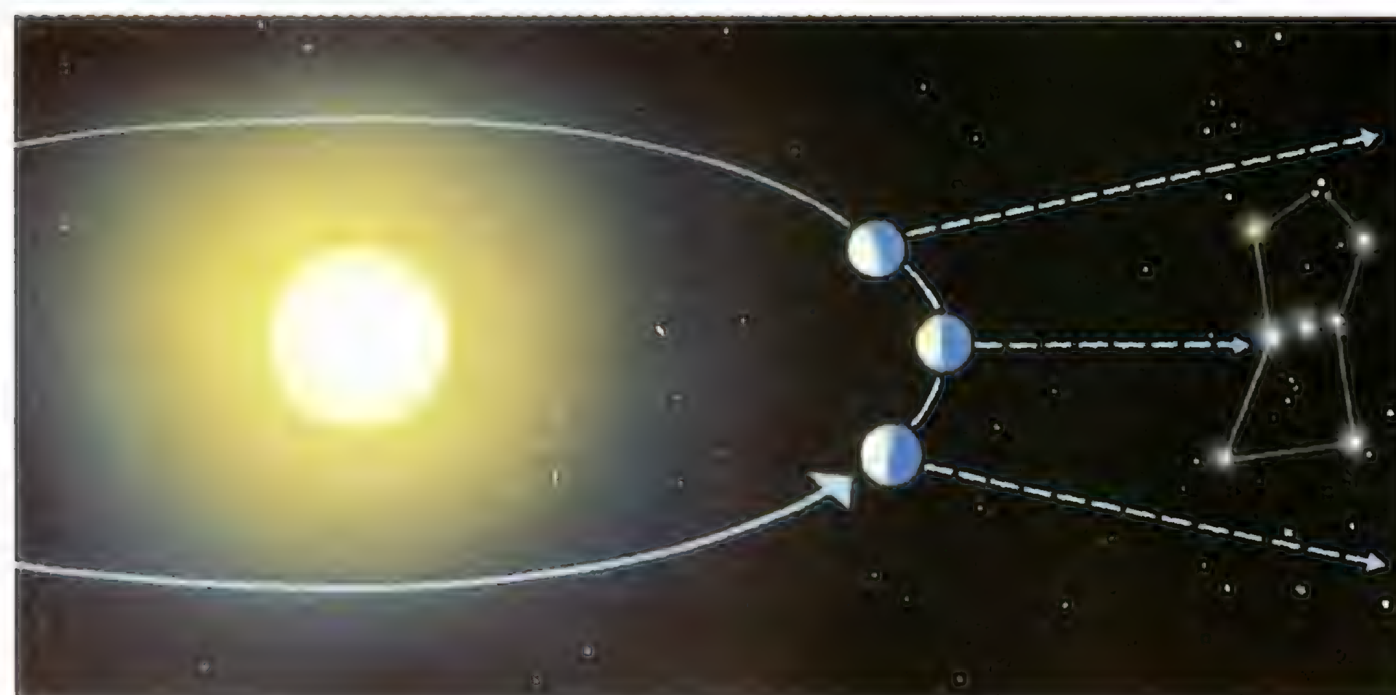




◁ Созвездия, которые видны в течение всего года в северном полушарии (дальняя картинка слева) и в южном полушарии (слева).

ИЗМЕРЕНИЕ С ПОМОЩЬЮ УГЛОВ

Размеры небесных тел, появляющихся на нашем небе, и расстояния между ними измеряются в градусах. Угол, проходящий через все небо с востока на запад, равен 180°. В терминах углов размеры Солнца и Луны одинаковы и равны 0,5° в поперечнике. Почти все объекты, которые изучают астрономы, так сильно удалены от нас, что их угловые размеры приходится измерять в секундах дуги. В одном градусе содержится 3600 секунд дуги. Обычный оптический телескоп, каким пользуются профессиональные астрономы, при безупречных условиях наблюдения позволяет различать детали размером около половины угловой секунды.



△ По мере того как Земля движется по орбите вокруг Солнца, вид ночного неба из фиксированной точки наблюдения медленно изменяется.

Если ты будешь продолжать наблюдение звезд в течение нескольких месяцев, то заметишь, что те звездные рисунки, которые видны на небе в определенное время ночи, постепенно сменяются другими вместе со сменой времен года. Выбери какую-нибудь яркую звезду, которую ты будешь легко узнавать среди других звезд каждый раз, когда ведешь наблюдение. Ясными ночами смотри, где находится эта звезда, всегда с одного и того же места наблюдения и строго в одно и то же время. Постарайся проследить за этой звездой в течение нескольких недель.

Звездное время

Те звезды, которые ты можешь увидеть в полночь в январе, совершенно другие, чем те, что видны в полночь в июле. Но одна из этих звездных картин не превращается в другую каким-то внезапным скачком. Каждую ночь происходят небольшие, но явные перемены: каждая конкретная звезда восходит примерно на четыре минуты раньше, чем в предыдущую ночь.

Поскольку Земля вращается в пространстве, промежуток времени, через который звезда возвращается в ту же самую позицию на небе, равен только 23 ч 56 мин и 4 с. Такие укороченные сутки называются звездными сутками. Слово «звездный» в этом контексте означает «относящийся к звездам». В обсерватории часы идут по звездному времени и теряют четыре минуты ежедневно по сравнению с обычными часами. Астрономы предпочитают иметь дело со звездным временем, поскольку по звездным часам каждая звезда всегда восходит в одно и то же время.

Для того чтобы Солнце вернулось в ту же позицию на небе, требуется немного больше времени, чем звездам — полные 24 часа. Ты, наверное, думаешь, что за сутки Земля совершает ровно один оборот, то есть поворачивается точно на 360°. На самом же деле ей приходится поворачиваться на чуть больший угол — примерно на 361°, прежде чем Солнце опять займет то же самое положение на небе. Причина этого в том, что в ходе суток Земля продвигается также и на некоторое расстояние вдоль кривой, по которой она вращается вокруг Солнца.

Звезды со всех сторон: небесная сфера

Даже ближайшие звезды удалены от нас гораздо сильнее, чем Солнце, Луна и планеты, поэтому фигуры, которые, как нам кажется, они образуют в небе, заметным образом не меняются по мере движения Земли вокруг Солнца. Звездное небо подобно отдаленному неизменному «пейзажу», окружающему Землю и всю Солнечную систему. Если бы тебе пришлось совершить путешествие в космос и улететь при этом на некоторое расстояние от Земли, ты увидел бы со всех сторон от себя звезды на фоне совершенно черного неба.

В те времена, когда астрономы еще не установили, что звезды рассеяны по всей Галактике, причем на разных расстояниях от нас, многие древние ученые — например греки — верили, что Земля является центром Вселенной. Им казалось, что звезды прикреплены к какой-то гигантской сфере, окружающей Солнечную систему, поскольку именно так все это и выглядит. Такое представление оказалось настолько полезным, если говорить именно о положении звезд на небе, а не об их истинном местонахождении в пространстве, что астрономы и до сих пор пользуются понятием «небесной сферы».

Хотя небесная сфера окружает Землю со всех сторон, любой наблюдатель на поверхности Земли видит одновременно лишь одну половину небесной сферы, поскольку другую половину от него загораживает земной шар. Только астронавтам в космическом пространстве удается видеть звезды не только наверху, но и внизу, под собой.

Земля вращается вокруг своей оси, проходящей через Северный и Южный полюсы. Экватор — это воображаемая окружность, проведенная вокруг земного шара на полпути между полюсами. Небесная сфера выглядит для нас так, словно она вращается вокруг оси, проходящей через ее Северный и Южный полюсы. Небесный экватор — это окружность, проведенная вокруг всего неба ровно на полпути между небесными полюсами. Небесные полюсы и небесный экватор находятся в точности над полюсами и экватором Земли.

Прямое восхождение и склонение

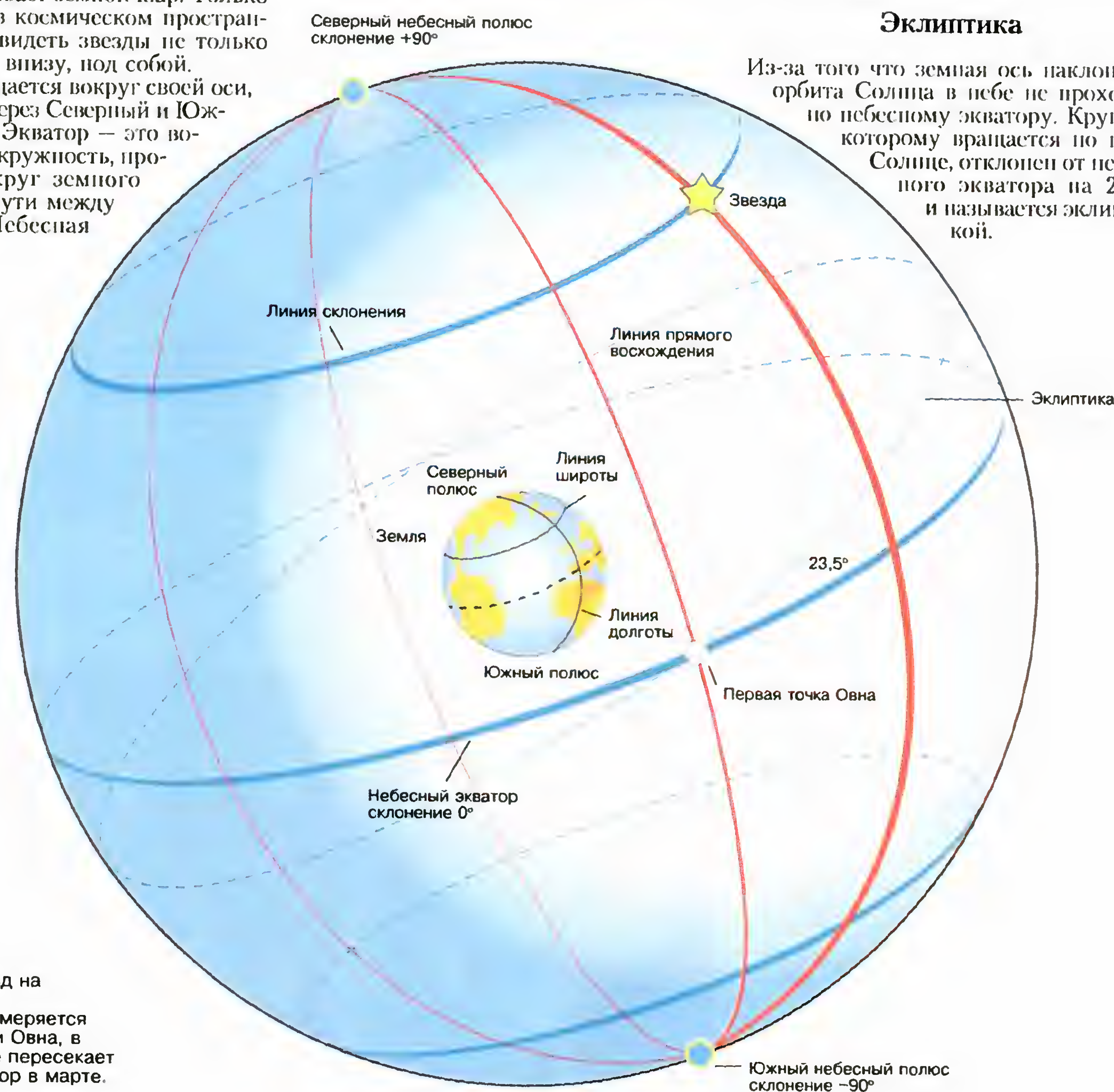
Мы можем точно указать местоположение любой точки на поверхности Земли, если назовем ее широту и долготу. Широта измеряется в градусах на север и на юг от экватора. Долгота измеряется в градусах на восток и на запад от круговой линии, проходящей через Северный и Южный полюсы, а также через условно выбранную специальную отметку, сделанную в Гринвичской обсерватории, в Лондоне.

Чтобы указать, где именно на небе расположена звезда, астрономы пользуются координатной сеткой на небесной сфере, подобной сетке широт и долгот на поверхности Земли. Эквивалентом широты является склонение, измеряемое в градусах от небесного экватора.

Эквивалентом долготы является прямое восхождение. Оно отмеряется от той точки, где Солнце находится на небесном экваторе во время весеннего равноденствия. В соответствии с тем, как вращающееся небо определяет наше время, прямое восхождение часто измеряют в часах, минутах и секундах, а не в градусах. Один час эквивалентен 15 градусам.

Эклиптика

Из-за того что земная ось наклонена, орбита Солнца в небе не проходит по небесному экватору. Круг, по которому вращается по небу Солнце, отклонен от небесного экватора на 23,5° и называется эклиптикой.



▷ Концепция небесной сферы помогает астрономам описывать положение звезд на небе. Прямое восхождение отмеряется от Первой точки Овна, в которой Солнце пересекает небесный экватор в марте.

Земля и Луна



Каждый месяц Луна облетает Землю по своей орбите, и ты можешь увидеть полный цикл лунных фаз. Форма Луны меняется с каждым днем — от серпа к полной Луне и снова до серпа. Под воздействием Луны дважды в день происходят океанские приливы и отливы, которые также меняются в пределах месячного цикла.





△ Серп Луны и лунный диск, видный в отраженном от Земли свете (дальний левый снимок); фотография Земли и Луны, сделанная с космического корабля «Галилей» (слева).

Луна является попутчицей Земли в космическом пространстве. Ежемесячно Луна совершает полное путешествие вокруг Земли. Она светится только светом, отраженным от Солнца, так что постоянно одна половина Луны, обращенная к Солнцу, освещена, а другая погружена во мрак. Какая часть освещенной половины Луны видна нам в данный момент, зависит от положения Луны на ее орбите вокруг Земли. По мере движения Луны по орбите ее форма, как нам кажется, постепенно, но непрерывно меняется. Различные видимые формы Луны называются ее фазами. Полный цикл фаз заканчивается и начинает повторяться через каждые 29,53 суток.

Чтобы понять, почему мы видим фазы Луны, начнем с новолуния. Новолуние имеет место тогда, когда Луна находится между нами и Солнцем. В это время вся ее освещенная сторона обращена к Солнцу, а к Земле она повернута темной стороной, поэтому мы Луны не видим совсем. Теперь представим себе полнолуние. Когда Земля находится точно между Луной и Солнцем, мы видим целиком всю освещенную половину Луны.

Случается, что, когда Луна представляется нам в виде очень тонкого серпа, остальная часть ее диска тоже видна, хотя и слабо. Тогда люди говорят, что «новая Луна находится в руках старой». На самом деле это происходит оттого, что солнечные лучи, отразившись от Земли, затем падают на Луну, то есть слабо видная часть лунного диска светится отраженным от Земли светом, который и называется «земным», или «пепельным» свечением.

Когда можно видеть Луну?

Нередко люди считают, что Луна поднимается в небо только по ночам; на самом же деле, если небо чистое, то слабо светящуюся Луну часто можно видеть и днем. Время восхода Луны день ото дня становится все более поздним. Сразу после новолуния Луна восходит вслед за Солнцем. Через неделю, когда проходит первая четверть цикла, Луна поднимается в полдень, а полная Луна встает на закате Солнца.

Урожайная Луна

Каждую осень в северном полушарии наступает полнолуние, ближайшее ко дню осеннего равноденствия, 23 сентября, и известное в народе под названием «урожайная луна». Несколько дней подряд Луна восходит почти в одно и то же время каждый вечер, как раз на закате Солнца. Так что когда день кончается, фермеры имеют возможность продолжать уборочные работы при свете Луны — потому и называли это время днями «урожайной луны». Когда Луна стоит низко над горизонтом, она кажется больше, но это всего лишь зрительная иллюзия.

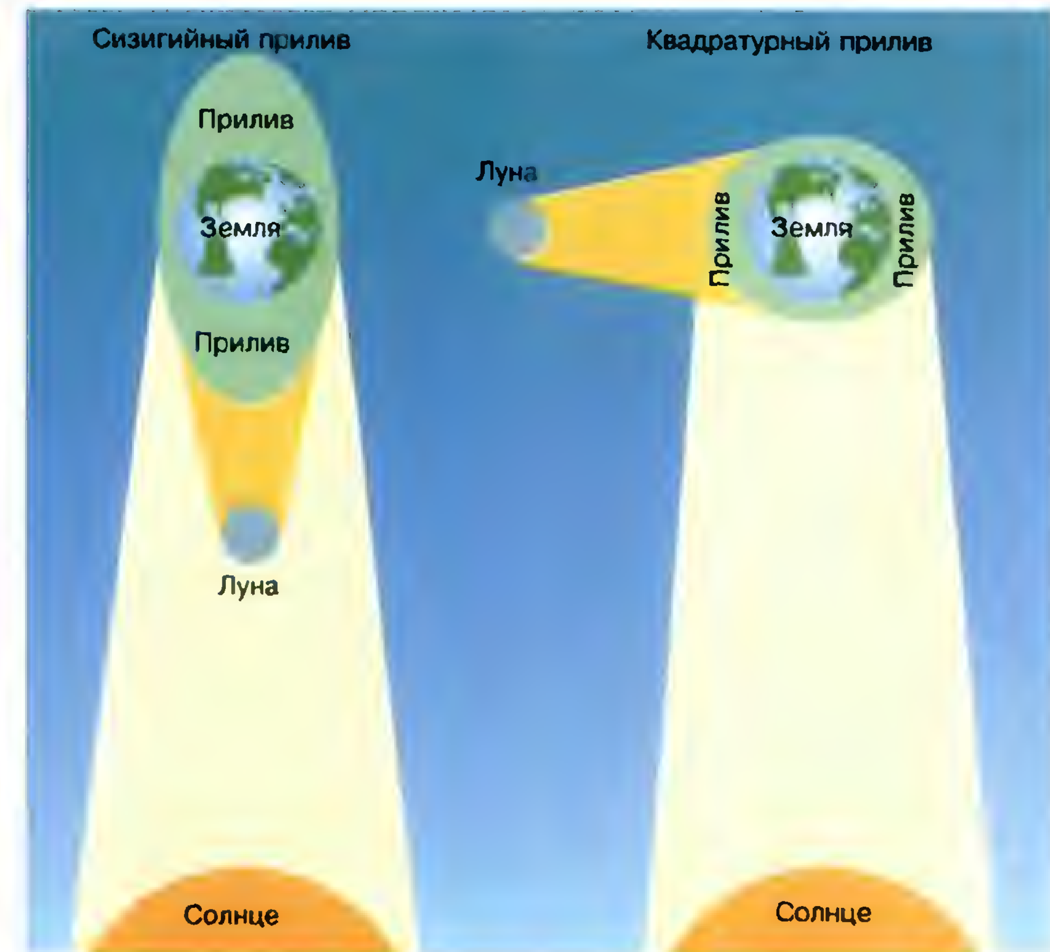
Приливы и отливы

Приливы и отливы знакомы каждому, кто живет или бывал на океанских или морских побережьях. Дважды в день уровень океанских вод поднимается и снижается, причем кое-где на весьма значительную величину. Каждый день прилив наступает на 50 минут позднее, чем в предыдущий. Что заставляет океанские воды подниматься на берег и уходить обратно? Во всем виновата Луна.

Луна удерживается на своей орбите вокруг Земли по той причине, что между двумя этими небесными телами существуют силы тяготения, притягивающие их друг к другу. Земля все время стремится притянуть к себе Луну, а Луна притягивает к себе Землю.

Поскольку океаны представляют собой большие массы жидкости и могут течь, они легко деформируются под влиянием сил притяжения Луны, принимая форму лимона. Шар из твердых горных пород, которым является Земля, остается в середине. В результате на той стороне Земли, что обращена к Луне, возникает водяная выпуклость и другая такая же выпуклость — с противоположной стороны. Поскольку твердая Земля вращается вокруг своей оси, на берегах океана возникают приливы и отливы, это происходит дважды в течение каждых 24 часов 50 минут, когда берега океанов проходят через водяные бугры. На этот раз длина периода больше 24 часов из-за того, что и сама Луна тоже движется по своей орбите. В заливах и устьях рек приливы и отливы бывают значительнее, чем в других местах, так как в узких проходах морская вода собирается, как в воронках.

▷ На полпути между новолунием и полнолунием нам видна ровно половина освещенной стороны Луны. Луна имеет в это время форму полукруга. Поскольку мы при этом видим ровно четверть всей лунной поверхности, фазы полукруглой Луны называются по традиции первой четвертью и последней четвертью. Промежуточные фазы называются «месяцем» или «выпуклой луной», в зависимости от того, меньше («месяц») или больше («выпуклая луна») чем половинку лунного диска мы можем видеть.



△ Воды приливов поднимаются из-за притяжения Солнца и Луны, действующего на океаны. Притяжение Луны сильнее всего действует на ту сторону Земли, что обращена к Луне. Центр Земли притягивается немного слабее, а дальняя сторона Земли — еще слабее. В результате этой разницы сил притяжения Луна стремится растянуть (и немного растягивает) земной шар.

Сизигийные и квадратурные приливы

Наряду с Луной и Солнце оказывает влияние на высоту приливов. Когда Солнце, Земля и Луна выстраиваются в одну линию таким образом, что силы тяготения Солнца и Луны действуют на Землю в одном направлении и усиливают друг друга, приливы бывают выше средних и называются сизигийными приливами. Это происходит во время новолуния и во время полнолуния. Когда же силы тяготения Солнца и Луны действуют на Землю под прямым углом, они частично гасят друг друга, и тогда приливы оказываются ниже средней величины. Такие приливы называются квадратурными; они бывают, когда Луна находится в фазе первой четверти и последней четверти. В действительности приливы и отливы происходят немного позже, чем можно было бы ожидать, исходя из положения Луны. Причина этой задержки в том, что продвижение воды по поверхности Земли занимает определенное время.

Под воздействием приливных сил Луны даже твердая Земля немного вытягивается. Такое удлинение достигает 30 см. В свою очередь, и Земля силами притяжения деформирует Луну, растягивая ее примерно на 40 см.

В принципе, энергию приливов можно использовать, если строить плотины поперек широких устьев рек, чтобы потоки морской воды вращали лопасти электрических турбин. Чтобы дать некоторое представление о мощи океанских приливов, заметим, что шесть процентов всего электричества, которое используется в Великобритании, можно было бы получить, построив дамбу и электростанцию в эстуарии реки Северн на юге Англии. Однако на практике существует множество более важных и пока не решенных экологических и технических проблем, так что обуздание и использование энергии приливов пока откладывается.

Более долгие дни

Из-за океанских приливов и отливов между поверхностью Земли и водами океанов возникает сила трения, замедляющая скорость вращения Земли вокруг своей оси. Наши сутки постепенно становятся все длиннее и длиннее, каждое столетие продолжительность суток увеличивается примерно на две тысячных секунды. Свидетельством этого могут служить некоторые виды кораллов, которые растут таким образом, что каждый день оставляет в теле коралла четкий рубец. Прирост меняется в течение года, так что каждому году соответствует своя полоска, вроде годового кольца на срезе дерева. Изучая ископаемые кораллы, возраст которых насчитывает 400 млн лет, геологи обнаружили, что в то время год состоял из 400 суток продолжительностью 22 часа.

Окаменевшие остатки еще более древних форм жизни свидетельствуют о том, что около 2 млрд лет назад сутки длились всего 10 часов.

В отдаленном будущем продолжительность суток будет равна нашему месяцу. Как, по-твоему, будет тогда выглядеть небо? Луна будет все время стоять на одном и том же месте, поскольку скорость вращения Земли вокруг оси будет в точности совпадать со скоростью движения Луны по орбите.

Уже и теперь благодаря приливным силам между Землей и Луной Луна постоянно обращена к Земле одной и той же стороной, если не считать небольших колебаний. Кроме того, скорость движения Луны по своей орбите постоянно возрастает. В результате Луна постепенно удаляется от Земли со скоростью около 4 см в год.

Солнечные и лунные затмения



Солнце, Луна и Земля исполняют в космосе сложный танец. Иногда все три небесных тела выстраиваются почти по прямой линии. Вот тогда-то начинается игра в прятки, и у тебя появляется возможность увидеть затмение.

Солнце в 400 раз больше Луны и приблизительно в 400 раз дальше от нас, чем Луна. Благодаря этому случайному совпадению, размеры Солнца и Луны, как мы видим их на небе, кажутся нам почти одинаковыми. Вследствие этого Луна может полностью закрыть от нас Солнце, если, двигаясь по своей орбите, она окажется в точности между Солнцем и Землей. Когда Земля, Луна и Солнце оказываются точно на одной прямой, наступает полное солнечное затмение.

Каждый месяц, в новолуние, Луна проходит в пространстве между Солнцем и Землей, но выстраивание точно на одной прямой, которое необходимо для солнечного затмения, происходит не так часто. И даже когда это случается, на поверхности Земли есть лишь длинная, узкая область, откуда можно наблюдать полное солнечное затмение. Полоса солнечного затмения никогда не бывает шире 264 км, но в длину может тянуться на тысячи километров. Полное солнечное затмение может наблюдаться в одном месте Земли не более восьми минут. На самом же деле, как правило, оно длится еще меньше.

Полное солнечное затмение — зрелище настолько драматичное, что некоторые люди готовы пересечь половину земного шара специально, чтобы его увидеть. Начинается солнечное затмение с того, что передний край Луны слегка накрывает солнечный диск. Выглядит это так, словно от Солнца откусили кусочек. В это время наблюдается лишь частичное затмение. Однако постепенно все большая и большая часть Солнца покрывается Луной, пока наконец от Солнца не останется лишь узенький серп.

Кроме того района, где можно наблюдать полное солнечное затмение, на значительно большей территории люди могут увидеть частичное затмение Солнца. Иногда же бывает такое частичное солнечное затмение, которое ни с какого места Земли не выглядит как полное.

При некоторых солнечных затмениях сияющее кольцо Солнца остается видимым вокруг всего темного диска Луны. Дело в том, что расстояния между Землей и Солнцем и между Землей и Луной, хотя и в небольших пределах, но все же меняются. Если Луна чуть дальше от Земли, чем в среднем, ее угловой размер становится меньше, а если Земля чуть ближе к Солнцу, чем в среднем, угловой размер Солнца немного увеличивается.

И если все это случается в то время, когда должно наблюдаться полное солнечное затмение, Луна оказывается недостаточно большой, чтобы целиком закрыть Солнце. В этом случае мы имеем кольцеобразное затмение. При кольцеобразном солнечном затмении небо остается светлым и солнечная корона не видна.

▽ Прекрасное солнечное затмение, 18 марта 1988 г. Когда солнечное затмение достигает такой стадии, что небо становится абсолютно темным, тогда падает и температура воздуха. Цветы складывают свои лепестки, а птицы начинают укладываться на ночлег. Вокруг темного круга Луны видна наружная, с размытыми краями часть Солнца, его корона, потому что сейчас ее не заливает интенсивный свет желтого солнечного диска. Часто можно видеть красные, похожие на пламя, протуберанцы, которые выбрасываются с поверхности Солнца и проектируются вокруг темного диска Луны. В темном небе сияют яркие звезды.

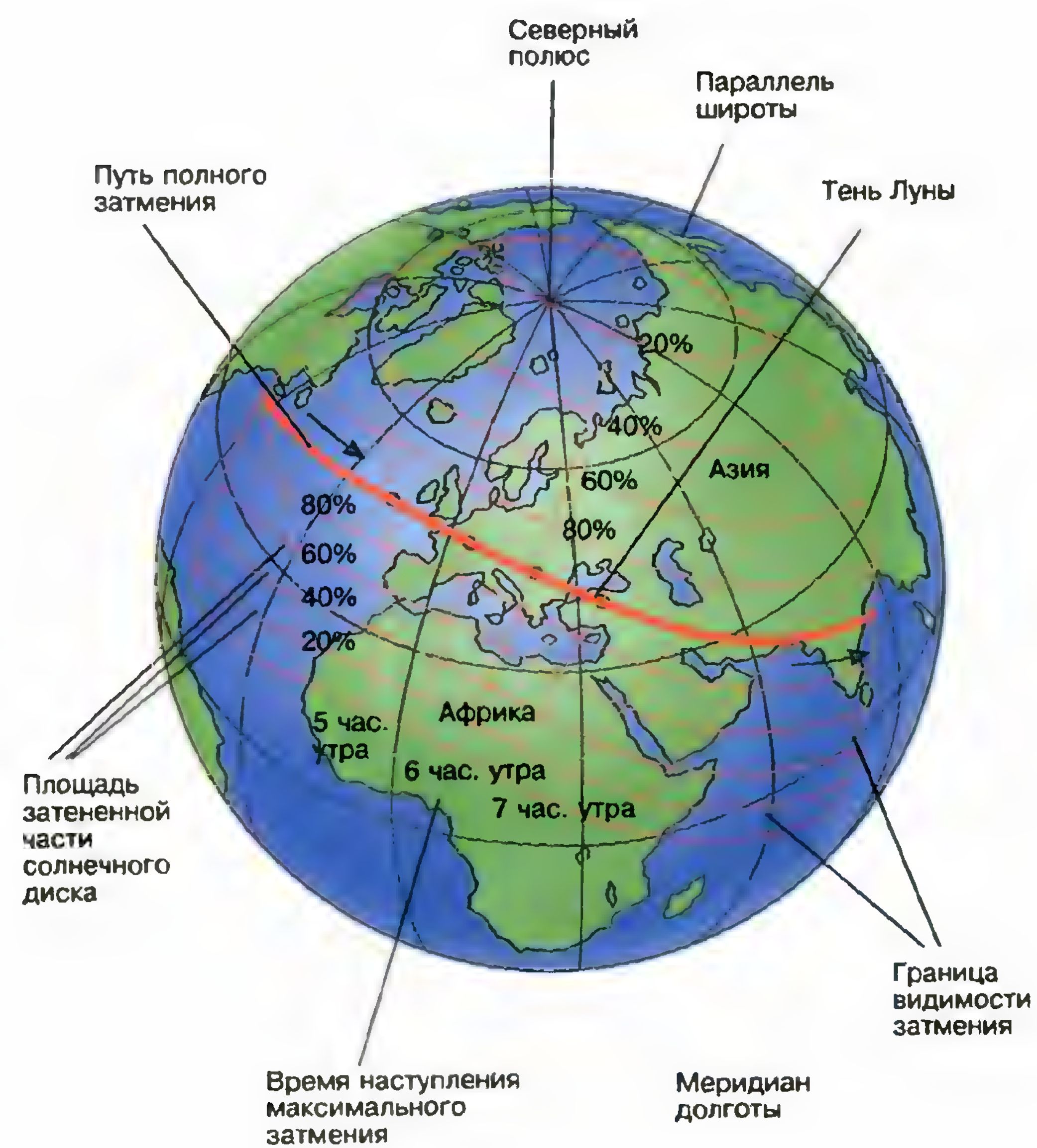




◁ Если тень Луны падает на Землю (снимок слева), наступает солнечное затмение; когда Луна проходит через тень Земли, происходит лунное затмение (снимок справа).

СОЛНЕЧНЫЕ ЗАТМЕНИЯ В 1995 — 2005 гг.

Дата	*Место наблюдения*	*Тип и продолжительность*
1995 29 апреля	Перу, южная часть Тихого и южная часть Атлантического океанов	Кольцеобразное
1995 24 октября	Иран, Индия, Тихий океан	Полное, 2 мин 5 с
1997 9 марта	Арктика, Россия	Полное, 2 мин 50 с
1998 26 февраля	Тихий и Атлантический океаны	Полное, 3 мин 56 с
1998 22 августа	Индийский и Тихий океаны	Кольцеобразное
1999 16 февраля	Индийский и Тихий океаны, Австралия	Кольцеобразное
1999 11 августа	Атлантический океан, Европа, Индия	Полное, 2 мин 23 с
2001 21 июня	Центральная Африка	Полное, 4 мин 57 с
2001 14 декабря	Тихий океан, Центральная Америка	Кольцеобразное
2002 10 июня	Тихий океан	Кольцеобразное
2002 4 декабря	Южная Африка, Западная Австралия	Полное, 2 мин 4 с
2003 31 мая	Арктика	Кольцеобразное
2003 23 ноября	Антарктида	Полное, 1 мин 57 с
2005 8 апреля	Панама, Колумбия, Венесуэла	Кольцеобразное/полное, 42 с
2005 3 октября	Португалия, Испания, северная и южная Африка	Кольцеобразное



◁ Путь солнечного затмения 11 августа 1999 г.; показаны районы, где можно будет наблюдать полное и частичное затмение. Полное затмение будет длиться всего две с половиной минуты в середине дня над большей частью территории Европы.



▷ Лунное затмение, при котором Луна приобретает медно-красный цвет. Во время лунного затмения Луна никогда не становится абсолютно темной, потому что некоторое количество солнечных лучей преломляется земной атмосферой и немного освещает Луну.

ПОЛНЫЕ ЛУННЫЕ ЗАТМЕНИЯ 1995–2005 гг.

Дата	*Продолжительность*
1996 4 апреля	1 ч 24 мин
1996 27 сентября	1 ч 12 мин
1997 16 сентября	1 ч 6 мин
2000 21 января	1 ч 16 мин
2000 16 июля	1 ч
2001 9 января	30 мин
2003 16 мая	26 мин
2003 9 ноября	11 мин
2004 4 мая	38 мин
2004 28 октября	40 мин

Лунные затмения

Земля отбрасывает в пространстве длинную тень, загораживая свет Солнца. Когда Луна попадает в тень Земли, происходит лунное затмение. Если бы во время лунного затмения ты находился на Луне, то увидел бы, что Земля проходит перед Солнцем, закрывая его. Нередко при этом Луна остается слабо видимой, светясь тусклым красноватым светом. Хотя она и находится в тени, Луна освещается небольшим количеством красного солнечного света, который преломляется земной атмосферой в направлении Луны. Полное лунное затмение может продолжаться до 1 часа 44 минут. В отличие от солнечных, лунные затмения можно наблюдать с любого места на Земле, где Луна находится над горизонтом.

Затмения в прежние времена

В древности затмения Солнца и Луны чрезвычайно интересовали людей. Философы Древней Греции были убеждены, что Земля является шаром, поскольку они заметили, что тень Земли, падающая на Луну, всегда имеет форму круга. Более того, они подсчитали, что Земля примерно втрое больше Луны, просто исходя из продолжительности затмений. (Точная величина этого коэффициента равна 3,66.)

Данные археологии позволяют предположить, что многие древние цивилизации пытались предсказывать затмения. Результаты наблюдений в Стоунхендж, в Южной Англии, могли давать возможность людям позднего каменного века, 4000 лет назад, предсказывать некоторые затмения. Они, безусловно, умели вычислять время прихода летнего и зимнего солнцестояний.

В Центральной Америке 1000 лет назад астрономы майя могли предсказывать затмения, выстраивая длинный ряд наблюдений и отыскивая повторяющиеся сочетания факторов. Почти одинаковые затмения повторяются каждые 54 года 34 дня.

Как часто мы можем видеть затмения?

Хотя Луна проходит по всей своей орбите вокруг Земли раз в месяц, затмения не могут происходить ежемесячно из-за того, что плоскость орбиты Луны наклонена относительно плоскости орбиты Земли вокруг Солнца. Самое большее, за год может произойти семь затмений, из которых два или три должны быть лунными.

Солнечные затмения происходят только в новолуние, когда Луна находится в точности между Землей и Солнцем. Лунные же затмения всегда бывают в полнолуние, когда Земля находится между Луной и Солнцем.

За всю свою жизнь ты можешь надеяться увидеть 40 лунных затмений (при условии, что небо будет ясным). Наблюдать же солнечные затмения — дело гораздо более трудное из-за узости полосы затмений Солнца. Большинству людей так никогда и не удается увидеть полное солнечное затмение, если только они не готовятся заранее поехать туда, где будет проходить полоса будущего затмения.

◁ На этих снимках видны различные стадии полного солнечного затмения. Первые три снимка показывают фазы частичного затмения. На четвертом снимке хорошо видна наружная газообразная оболочка Солнца, его корона. Пятый снимок демонстрирует эффект алмазного кольца, когда солнечный свет просачивается в углубления по краям Луны.

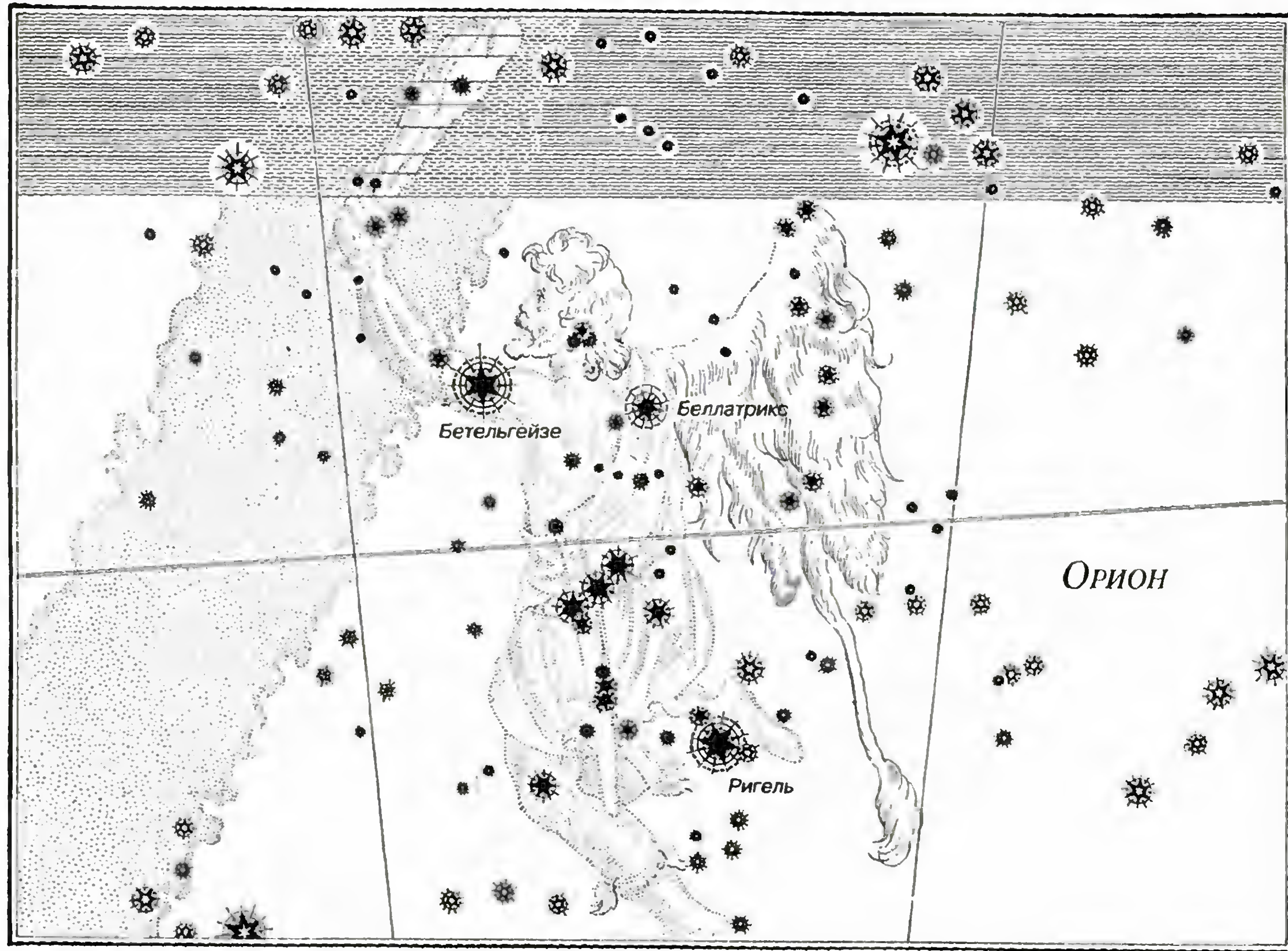
Созвездия



В древние времена наши предки делили звездное небо на четко различимые сочетания звезд, называемые созвездиями. Некоторые древние культуры связывали звездные рисунки со своими традиционными богами и мифами. Эти сказочные небесные картинки продолжают использоваться и в современных звездных схемах в качестве первых шагов для освоения картины звездного неба.



△ Созвездие Орион (Охотник), нарисованное Аль-Зуфи, мусульманским астрономом X в. Три звезды образуют пояс Ориона.



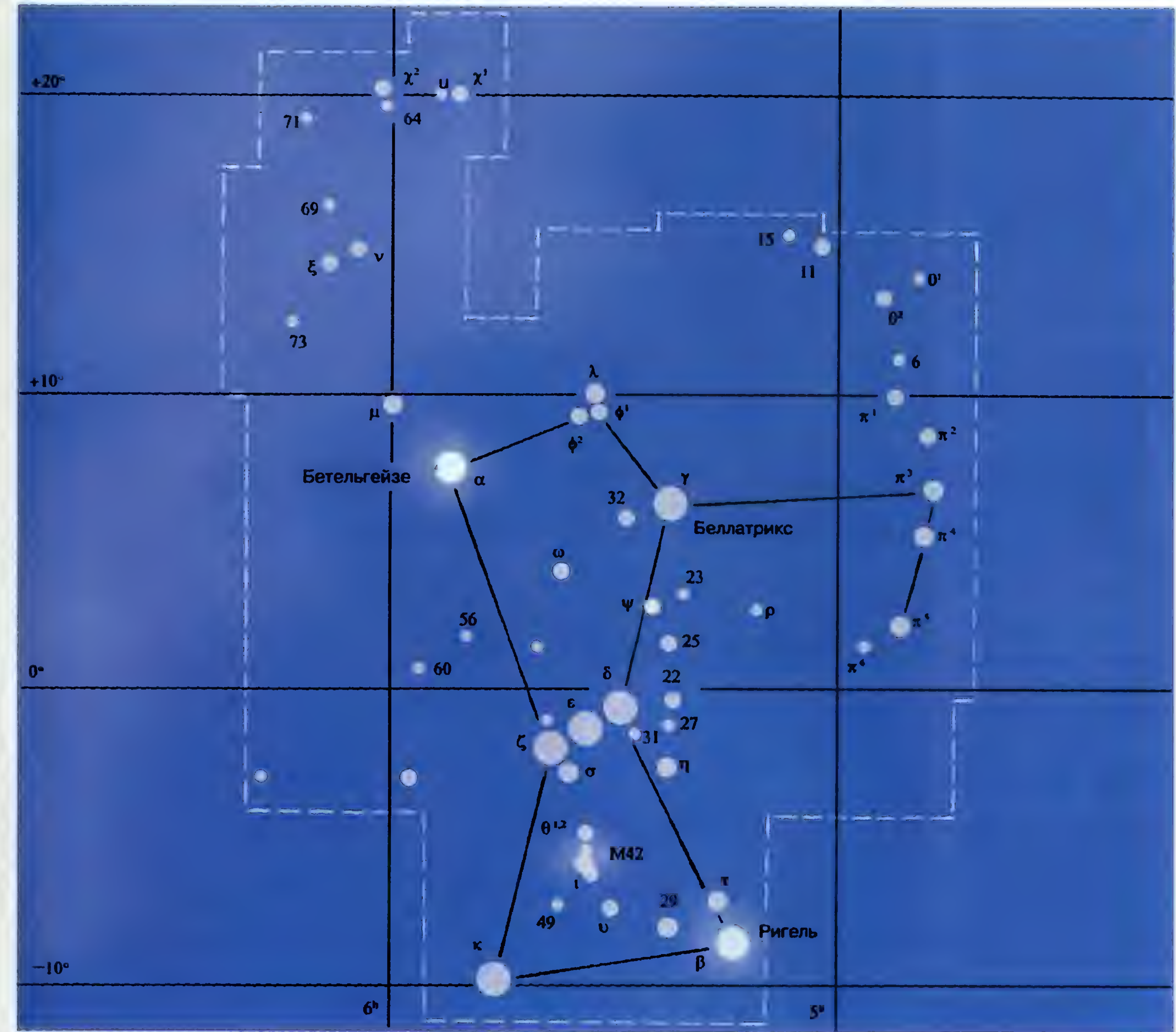
◁ Карта созвездия Орион XVIII в., скопированная с гравюры Альбрехта Дюрера.

Любой, кто смотрит ночью на небо, вскоре начинает связывать между собой более яркие звезды в простые фигуры, вроде квадратов, треугольников, отрезков прямых, крестов и дуг. Не требуется большого воображения, чтобы суметь увидеть очертания и некоторых более сложных образов: птицы, короны, длинного загнутого хвоста скорпиона.

Продолжив эту идею, мы можем задать вопрос: существует ли более простой способ запоминания всех ярких звезд на небе, чем рассуждения о тех рисунках, в которые они складываются? Нет никакого сомнения, что именно исходя из этих соображений и было введено и развито понятие «созвездие».

Самые ранние из имеющихся в нашем распоряжении письменных свидетельств ясно говорят о том, что различные цивилизации всегда давали названия наиболее заметным звездным картинкам. Эти названия и по сию пору используют все астрономы, включая профессионалов.

Созвездия представляют собой удобный способ для запоминания расположения звезд на небесной сфере, хотя звезды, которые на небе находятся рядом, на самом деле могут быть разделены огромными расстояниями в пространстве и не иметь между собой абсолютно никакой связи. Звезды разбросаны по всей нашей Галактике. Образы, в которые они для нас складываются, — это, по большей части, чистая случайность. В качестве иллюстрации рассмотрим три самые яркие звезды в созвездии Южный Крест. Их действительные расстояния до Земли таковы: 360 световых лет, 420 световых лет и 88 световых лет.



◁ Современное представление о созвездии Ориона. Показаны границы созвездия (пунктирная линия) и яркие звезды Бетельгейзе, Беллатрикс и Ригель, а также туманность Ориона (М42), которая находится в его мече.

Современные созвездия

Открывая все более и более слабые звезды, особенно после изобретения телескопа, астрономы нередко приходили в недоумение: как соотнести их с фигурами из ярких звезд? Некоторые звезды по одному звездному атласу можно было отнести к одному созвездию, а по другой звездной карте — к совершенно другому. В 1930 г. астрономы всего мира договорились разделить всю небесную сферу на 88 участков, привязанных к традиционным созвездиям. Теперь, когда астрономы говорят о созвездиях, они имеют в виду именно эти участки неба, а не фигуры, образованные яркими звездами.

Из 88 созвездий, которые официально приняты в наше время, 48 были перечислены Птолемеем еще во II в., а многие, вероятно, использовались задолго до него. Большая часть названий этих созвездий связана с легендами греческой мифологии. Геркулес, Орион, Персей, Андромеда и Пегас — это только некоторые примеры. Официальные названия созвездий — латинские.

Философы Древней Греции и их предшественники жили на берегах Средиземного моря и в районе, который мы теперь называем Средним Востоком. Они не могли видеть из этих мест области южного неба. Европейские астрономы начали присваивать имена созвездиям в южной части небесной сферы лишь после того, как путешественники отправились исследовать южные земли, так что названия южных созвездий были добавлены к общему списку после 1600 г. Многие из них были придуманы немецким ученым Иоганном Байером (1572–1625), а в дальнейшем еще 14 созвездиям дал названия Николя де Лакайль (1713–1762), французский астроном. По контрасту с древними, мифологическими названиями северных созвездий, южным созвездиям Лакайль, который был любителем техники, дал названия различных предметов технического оборудования; среди прочих курьезов, например такие: Печь (Fornax), Телескоп (Telescopium), Микроскоп (Microscopium) и Часы (Horologium)!

Изучение созвездий

Если ты не знаком ни с одним созвездием, начало их изучения может оказаться делом непростым; но как только ты запомнишь одно или два, ты скоро сможешь, переходя от них к соседним созвездиям, свободно освоиться в звездном небе. Для начала не помешало бы, если бы кто-то помог тебе, просто показав некоторые созвездия. Большой помощью была бы также карта с указанием дат и времени возможных наблюдений, чтобы ты мог выбрать то, что тебе хочется. Как мы уже говорили, звездная картина заметно меняется как в течение ночи, так и от недели к неделе. На первых порах это может привести в замешательство охотника за созвездиями. Вдобавок ко всему, то, что ты можешь увидеть, зависит еще и от географической широты того места, где ты находишься. Простые карты, помещенные в конце этой книги (с. 150-153), помогут тебе найти наиболее известные созвездия, видимые в месте твоих наблюдений в различные месяцы года.

Некоторое количество звездных рисунков внутри созвездий имеют собственные традиционные названия, хотя формально они созвездиями не признаются. Эти звездные рисунки, имеющие названия, называются астеризмами. Вероятно, самым известным из них является Плуг, или Большой Ковш, в созвездии Большая Медведица (Ursa Major). Другой пример — Серп в созвездии Льва (Leo).

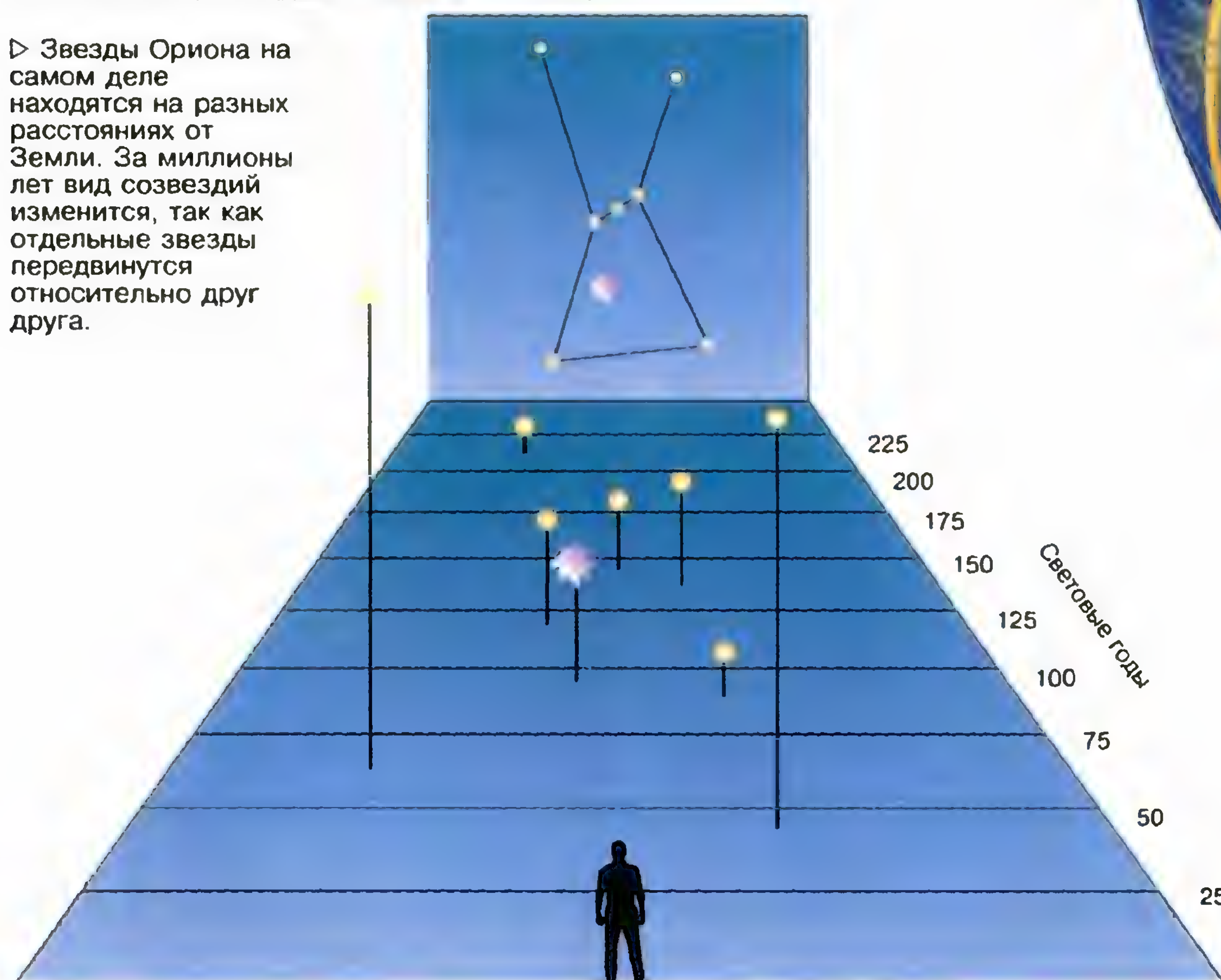
Зодиак

Названия особых 12 созвездий, по-видимому, известны большинству людей гораздо лучше всех других. Эти созвездия образуют Солнечный путь, зодиак. Слово «зодиак» означает «пояс животных», поскольку почти все эти созвездия носят названия животных или мифических персонажей. Однако есть и исключение: Весы (Libra) — единственное зодиакальное созвездие, не входящее в эту категорию.

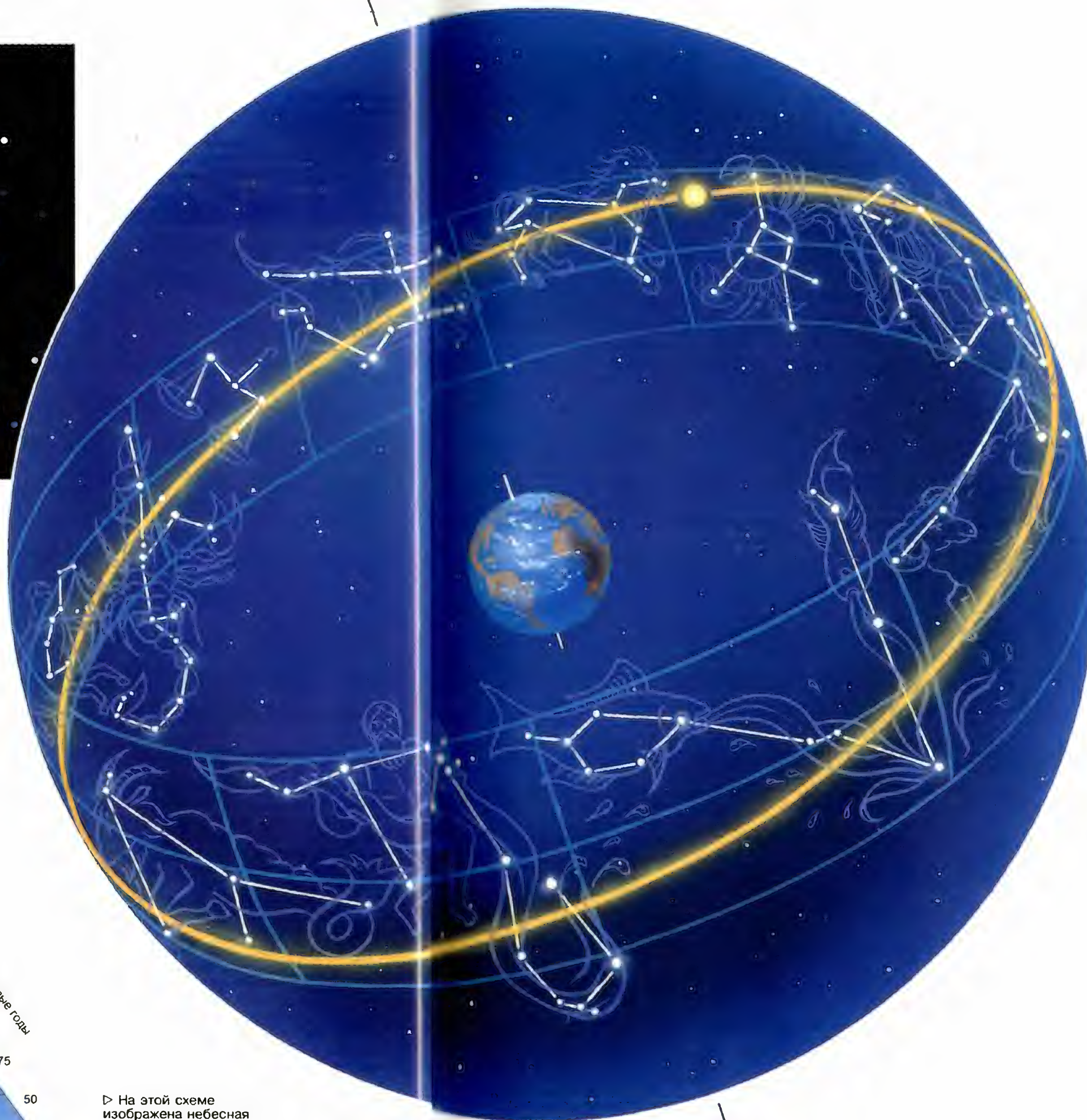
Зодиак в самом деле играет очень важную роль в астрономии, поскольку ежегодный путь Солнца по небесной сфере, который называется «эклиптикой», лежит внутри полосы зодиакальных созвездий. Траектории Луны и планет по звездному небу тоже проходят по зодиаку.

Днем ты не можешь видеть звезды, но они, разумеется, находятся там, на небе. Вот если бы ты мог видеть дневные звезды, то мог бы непосредственно разглядеть те созвездия, в которых располагается Солнце. А на самом деле это становится возможным в течение нескольких минут полного солнечного затмения.

△ На этой фотографии созвездия Орион хорошо видны звезды Бетельгейзе (левая верхняя) и Ригель (нижняя правая), а кроме того, три звезды пояса Ориона и туманность Ориона в его мече. Очертания этой туманности ты можешь хорошо разглядеть в бинокль.



▷ Звезды Ориона на самом деле находятся на разных расстояниях от Земли. За миллионы лет вид созвездий изменится, так как отдельные звезды передвинутся относительно друг друга.



▷ На этой схеме изображена небесная сфера с Землей в центре воображаемого зодиакального кольца и путь Солнца по зодиаку.

Причина того, что созвездия, видимые ночью, постепенно сменяют друг друга в течение года, та же самая, по которой нам кажется, что Солнце за год совершает полное круговое путешествие по всему небу. Современные зодиакальные созвездия не одинаковы по величине, поэтому Солнце проводит в каждом из них разное время. Более того, эклиптика в действительности медленно скользит по небесной сфере, так что теперь она проходит через еще одно, тринадцатое, созвездие — Змееносец (Ophiuchus).

Астрономия и астрология

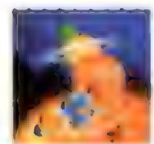
В противоречии с действительной астрономической ситуацией, астрологи предпочитают делить зодиакальную полосу на 12 равных частей, которые они называют «домами» и которым даны те же названия, что и 12 традиционным зодиакальным созвездиям. Астрологические дома уже не соответствуют расположению реальных созвездий. Твой астрологический «знак» определяется тем, в каком из домов расположено Солнце в день твоего рождения. Вообще говоря, Солнце в этот день вовсе не находится в настоящем созвездии с тем же названием.

Вероятно, астрология возникла тогда, когда люди впервые стали осознавать, что Солнце и Луна оказывают прямое влияние на приливы, погоду и смену времен года. Отсюда им, должно быть, показалось естественным заключить, что некоторое воздействие на нас имеют и планеты. В произведениях таких великих поэтов, как Вергилий (70—19 гг. до н.э.), Чосер (1340—1400) и Шекспир (1564—1616), имеются многочисленные упоминания о влиянии звезд.

В 1226 г. монгольский завоеватель Чингисхан прекратил свои набеги, когда астрологи предупредили его о том, что Юпитер уже почти догнал Сатурн. Это сочли дурным предзнаменованием для его кампании. Великий астроном Иоганн Кеплер начал свою карьеру с составления гороскопов для друзей, пытаясь предсказать их будущее. Его более поздние работы, в которых доказано, что движение планет определяется физическими силами, опровергли притязания астрологического фольклора на какое бы то ни было научное обоснование.

В наше время большинство астрономов не воспринимает астрологию всерьез. Однако несколько веков назад, благодаря вере в то, что звезды могут оказывать влияние на судьбы людей, было сделано немало полезных астрономических наблюдений. Теперь же между астрономией и астрологией нет абсолютно ничего общего.

Орбиты в Солнечной системе



У Солнца есть семейство, состоящее из девяти больших планет и множества более мелких тел, таких, как астероиды и кометы. Силы тяготения удерживают это семейство вместе, причем каждая планета движется по эллиптической орбите вокруг Солнца. Исследование планет при помощи космических летательных аппаратов — одно из главных научных достижений XX в.



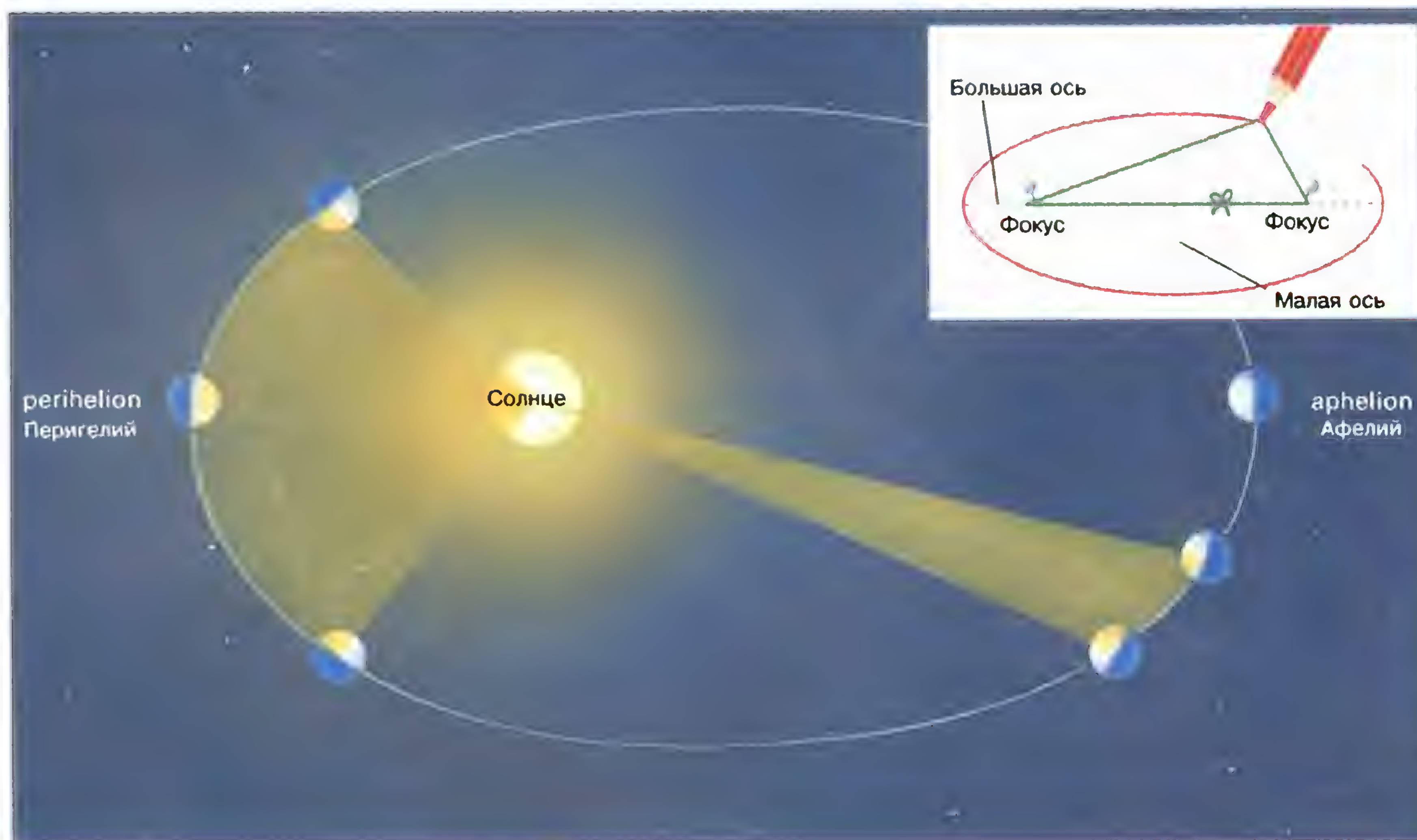
△ Сэр Исаак Ньютон (1642—1727)

Представления древнегреческих астрономов о том, что собой представляет Солнечная система, были чрезвычайно сложными для понимания. Причина заключается в том, что Земля, по их мнению, находится в центре системы, а орбиты небесных тел являются правильными кругами. Несмотря на это, греки преуспели в методах предсказания будущего положения планет на небе — эти методы были весьма результативными. Николай Коперник совершенно правильно поместил в центр Солнечной системы Солнце, однако с предсказаниями положения планет он испытывал большие затруднения, поскольку придерживался старых представлений об орбитах. Иоганн Кеплер сумел улучшить систему Коперника. Кеплер открыл следующие три правила для объяснения планетного движения:

1. Каждая планета движется по эллипсу, а не по кругу. Солнце находится не в центре этого эллипса, а сдвинуто в сторону, в точку, называемую фокусом. Чем более сплющенным является эллипс, тем дальше от центра расположен фокус. Отсюда следует, что во время путешествия планеты по орбите расстояние между ней и Солнцем все время меняется.

2. Быстрее всего движется планета там, где она ближе всего к Солнцу, а в наиболее удаленных от Солнца частях орбиты движение планеты самое медленное.

3. Полное время, за которое планета совершает весь свой путь вокруг Солнца, зависит от ее расстояния до Солнца. Кеплер открыл математический закон, который связывает орбитальный период с расстоянием до Солнца.



◁ Сделай петлю, связав концы нитки. При помощи этой петли, карандаша и двух булавок или чертежных кнопок ты можешь нарисовать точный эллипс. Держи нить натянутой, и карандаш начертит эллипс, обойдя вокруг булавок.

◁ Законы Кеплера. Планеты движутся по эллиптическим орбитам; Солнце — в одном из фокусов эллипса. Скорости планет меняются так, что линия, соединяющая планету и Солнце, покрывает равные площади за равное время. Ближняя к Солнцу точка орбиты — перигелий, дальняя — афелий.

Кеплер полагал, что какая-то сила, исходящая от Солнца, по-видимому, заставляет планеты двигаться вокруг него. Какова бы эта сила ни была, она должна становиться слабее при удалении планет от Солнца. Используя законы Кеплера о планетарном движении, астрономы стали предугадывать положение планет в 10 раз точнее, чем до этого. Кеплер, однако, не мог с уверенностью сказать, какая именно сила удерживает планеты на орбите.

Исаак Ньютон и гравитация

Сэр Исаак Ньютон был гениальным ученым, сумевшим объяснить движение тел в космическом пространстве с помощью закона всемирного тяготения. Существует популярный рассказ о том, что мысль об этом внезапно осенила Ньютона, когда он сидел под яблоней и вдруг увидел, как под действием силы тяжести яблоко упало на землю. На самом же деле он пришел к своей теории в результате серьезнейших исследований в течение многих лет. Он изучал движущиеся объекты, пытаясь объяснить их поведение.

Ньютон понимал, что некая сила постоянно притягивает планеты, не давая им устремиться в космос. Это привело его к разработке закона всемирного тяготения. Закон этот гласит, что все материальные объекты притягиваются друг к другу. Чем больше масса объектов, тем сильнее притяжение между ними, но по мере удаления объектов друг от друга сила притяжения уменьшается.

Ньютон начал работать над теорией всемирного тяготения (гравитации), когда он осознал, что сила, под действием которой яблоко падает на землю, та же самая, что удерживает Луну на орбите вокруг Земли. Три сотни лет назад эта мысль казалась безумной. Большинство образованных людей полагало, что физические законы, действующие на Земле, не могут быть применимы к небесным объектам. Ньютонова теория гравитации была первым научным законом, который можно было использовать для объяснения явлений, наблюдаемых как на Земле, так и на небе. Этот закон верен в отношении всего, что имеет массу: яблок, людей, лун и планет.

В течение 20 лет Ньютон пытался вычислить орбиту Луны. Его теория сделала это с легкостью. До этого казалось, что описать движение Луны невероятно сложно, однако Ньютон доказал, что может предугадывать ее местоположение с поразительной точностью.

Гравитация и орбиты

Теория Ньютона объяснила математически, почему планеты и луны движутся по эллиптическим орбитам. Друг Ньютона, Эдмунд Галлей (1656 — 1742), воспользовался этой теорией, чтобы предсказать возвращение кометы, которая теперь называется кометой Галлея.

Закон всемирного тяготения позволяет также измерять массы планет и их лун, исходя из знания их орбит. Он применим и к двойным звездам, движущимся по орбитам относительно друг друга, и к отдаленным галактикам, которые медленно перемещаются внутри огромного галактического скопления. Именно силы тяготения удерживают звезды Млечного Пути в составе одной большой галактики.

Расстояния в Солнечной системе

Закон всемирного тяготения позволяет астрономам вычислять расстояния до планет, если одно из этих расстояний уже измерено с большой точностью. Чтобы получить одно точное расстояние, используется радар, с помощью которого измеряют расстояние от Земли до Венеры или до Меркурия. Время, необходимое для того, чтобы радиоволна дошла до планеты и вернулась на Землю, регистрируется при этом с очень высокой точностью. Поскольку скорость распространения радиоволн равна скорости света, нетрудно подсчитать, какое расстояние было пройдено радиосигналом.

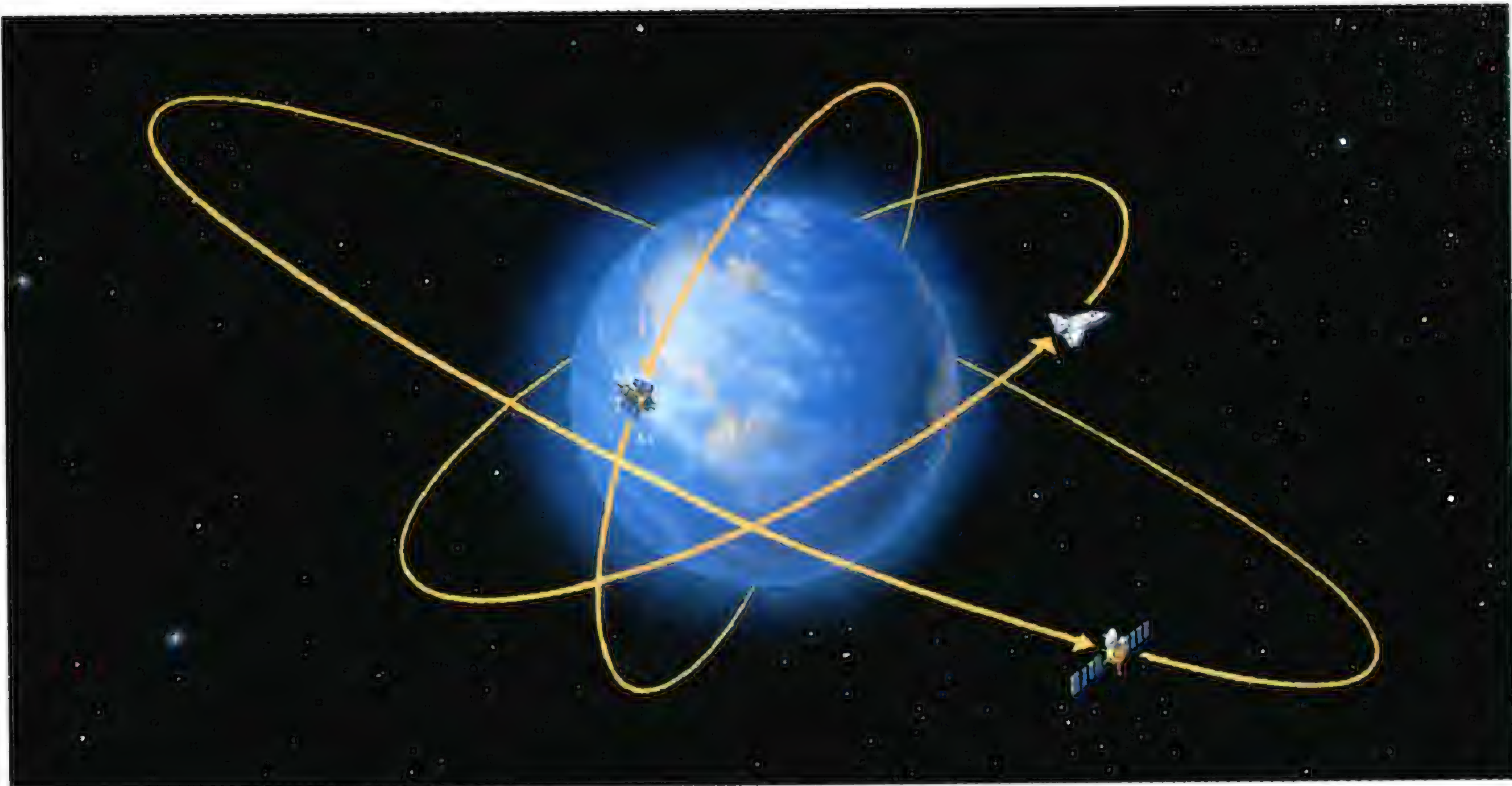
Радиосигналы, посылаемые с космических кораблей, также сообщают нам о расстояниях. Измеряя время, за которое достигли Земли радиосигналы, посланные с космического корабля «Викинг», приземлившегося на Марсе в 1976 г., можно вычислить расстояние до Марса с точностью до нескольких метров.

Во время полетов на Луну на кораблях «Аполлон» (1969—1972) астронавты оставили там отражатели наподобие тех, что используются на мотоциклах и автомобилях. Направляя лазерный луч на такой отражатель и регистрируя время, необходимое световому сигналу, чтобы достичь Луны и вернуться обратно, астрономы определяют расстояние между Землей и Луной с точностью до метра.

Зная несколько точных расстояний, астрономы могут вычислить расстояния до остальных планет и их лун, а затем, пользуясь законом всемирного тяготения, вычислить и их массы.



◁ Луч света, направленный из лазерной установки обсерватории Мак-Дональд, Техас (США), позволяет вычислить расстояние до Луны. Время, за которое световой сигнал совершит путешествие на Луну и обратно, измеряется с очень высокой точностью.



Орбиты спутников

Спутники для наблюдения Земли часто запускаются на орбиту, проходящую на высоте нескольких сотен километров над Северным и Южным полюсами. Земля поворачивается вокруг своей оси под этой орбитой, так что каждый раз, как спутник облетает Землю, он делает съемки новой полосы, идущей с севера на юг. Через некоторое время на пленке оказывается запечатленной поверхность всего земного шара.

Еще один распространенный прием — запустить спутник на круговую орбиту над экватором на высоте 36 000 км. По такой траектории спутник облетает Землю ровно за одни сутки, так что он всегда стоит над одним и тем же местом поверхности нашей планеты — ведь он летит с той же скоростью, с какой вращается Земля. Такие орбиты называются геостационарными, или геосинхронными. Их используют для телевизионной трансляции и для связи. На борту ТВ-спутников находятся небольшие ракетные двигатели, которые держат спутник точно в нужном месте над Землей.

Межпланетные путешествия

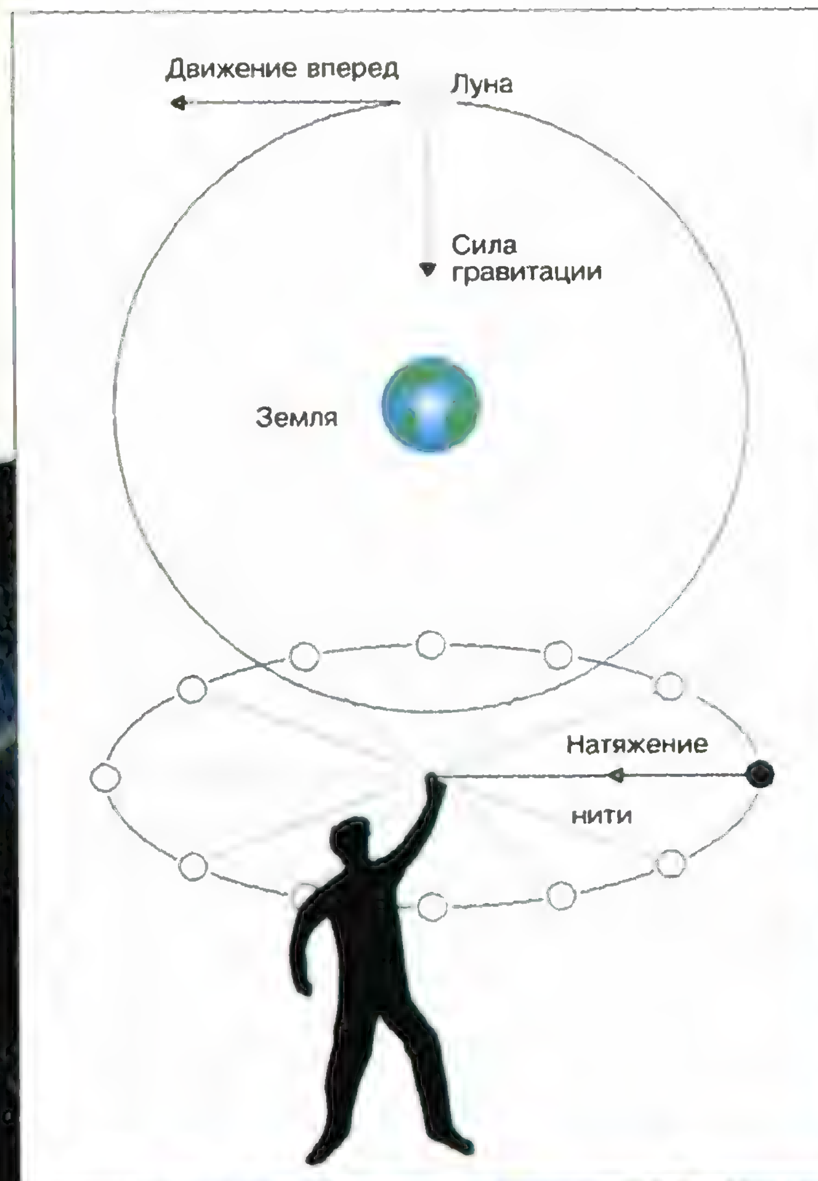
Космическим летательным аппаратам, которые отправляют на другие планеты, приходится преодолевать огромные расстояния. Например, чтобы достичь Марса, космический корабль должен пролететь 450 млн км, несмотря на то что Марс каждые два года подходит к Земле ближе, чем на 100 млн км. Ученые, изучающие космос, делят путешествие на другую планету на три этапа. На первом этапе корабль должен вырваться из-под действия земного притяжения, для чего необходима скорость не менее 11 км/с. После этого космический корабль выходит на эллиптическую орбиту вокруг Солнца, по которой он и летит к намеченной планете под действием одной лишь силы притяжения Солнца. Выбрав правильную орбиту, можно направить корабль к тем планетам, которые расположены ближе к Солнцу, чем Земля, или же к тем, что удалены от Солнца больше Земли. Такая стратегия позволяет сэкономить огромное количество горючего, но требует длительного времени — месяцев в случае Марса и лет, если речь идет о других планетах.

Когда корабль, двигаясь по орбите вокруг Солнца, достигает точки, ближайшей к намеченной планете, включаются двигатели ракет, находящихся на борту корабля, и он идет на последнее сближение с планетой. При подходе к планете вступают в действие дополнительные двигатели для того, чтобы скорость корабля уменьшилась и он вышел на орбиту вокруг планеты.

Если корабль направляется к планете более далекой, чем Марс, ученые иногда используют также и силу притяжения какой-нибудь другой планеты, чтобы придать кораблю дополнительное ускорение. Космический корабль сознательно направляется на сближение с другой планетой, чтобы на большей скорости подтолкнуть его к цели. Такой прием был использован в программе «Галилей» при запуске корабля к Юпитеру: сначала корабль был направлен к Венере для получения от нее гравитационного толчка, а затем пролетел мимо Земли, где получил дополнительное ускорение. Хотя в результате время путешествия к Юпитеру увеличилось на несколько лет, но зато для запуска была использована ракета значительно меньшей мощности.

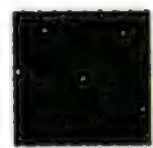
△ Спутники, запущенные на полярную орбиту, пролетают над Северным и Южным полюсами. При наклонной орбите спутник пересекает экватор под углом. Геосинхронные орбиты проходят точно над экватором.

▷ В ходе захватывающего путешествия, осуществленного в 1970-х гг., ученые направили космический корабль «Вояджер-2» мимо Юпитера, Сатурна, Урана и Нептуна поочередно без использования каких бы то ни было ускорительных ракет. Каждый раз гравитационное поле одной планеты использовалось для того, чтобы толкнуть «Вояджер» к следующей цели.



◁ Сила гравитации удерживает планету на орбите точно так же, как натяжение нити удерживает привязанный к ней и раскрученный над головой шарик. Если бы не сила притяжения Солнца, удерживающая планеты на орбите, они просто улетели бы в глубины космоса.

Насколько далеки звезды?

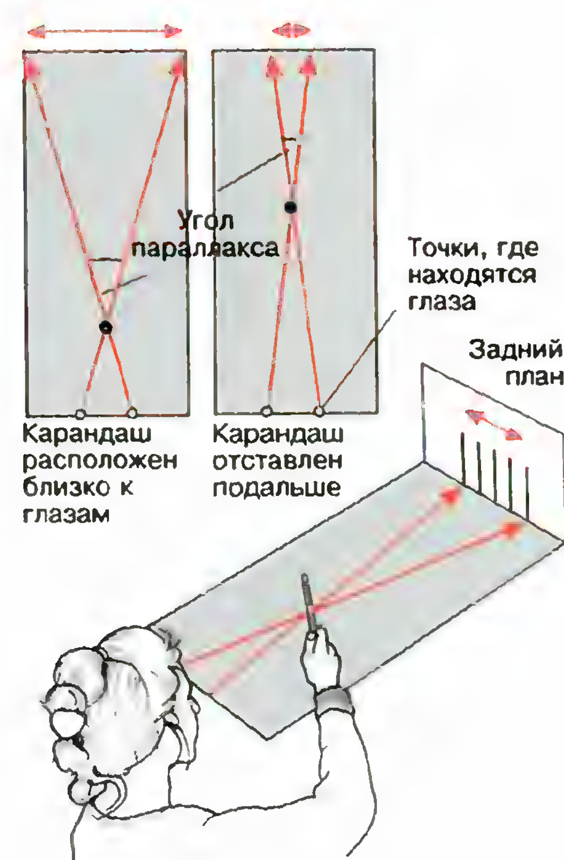


Ближайшая звезда (не считая Солнца) находится в четверть миллиона раз дальше от Земли, чем Солнце, на расстоянии более четырех световых лет. А самые далекие галактики находятся на расстоянии миллиардов световых лет от нас.

Как далеки от нас звезды? Совершенно очевидно, что они находятся гораздо дальше от Земли, чем планеты. Если бы это было не так, то за те шесть месяцев, которые необходимы Земле для преодоления 300 млн км при переходе от одной стороны Солнца к другой, в звездных рисунках на небе произошли бы четкие, заметные на глаз изменения. Чтобы понять, почему это так, представь себе, что ты едешь на машине или в поезде по открытой местности. По ходу движения пейзаж меняется. Деревья, растущие у дороги или возле железнодорожных путей, так и мелькают за окном, тогда как отдаленные деревья остаются в поле зрения долгое время.

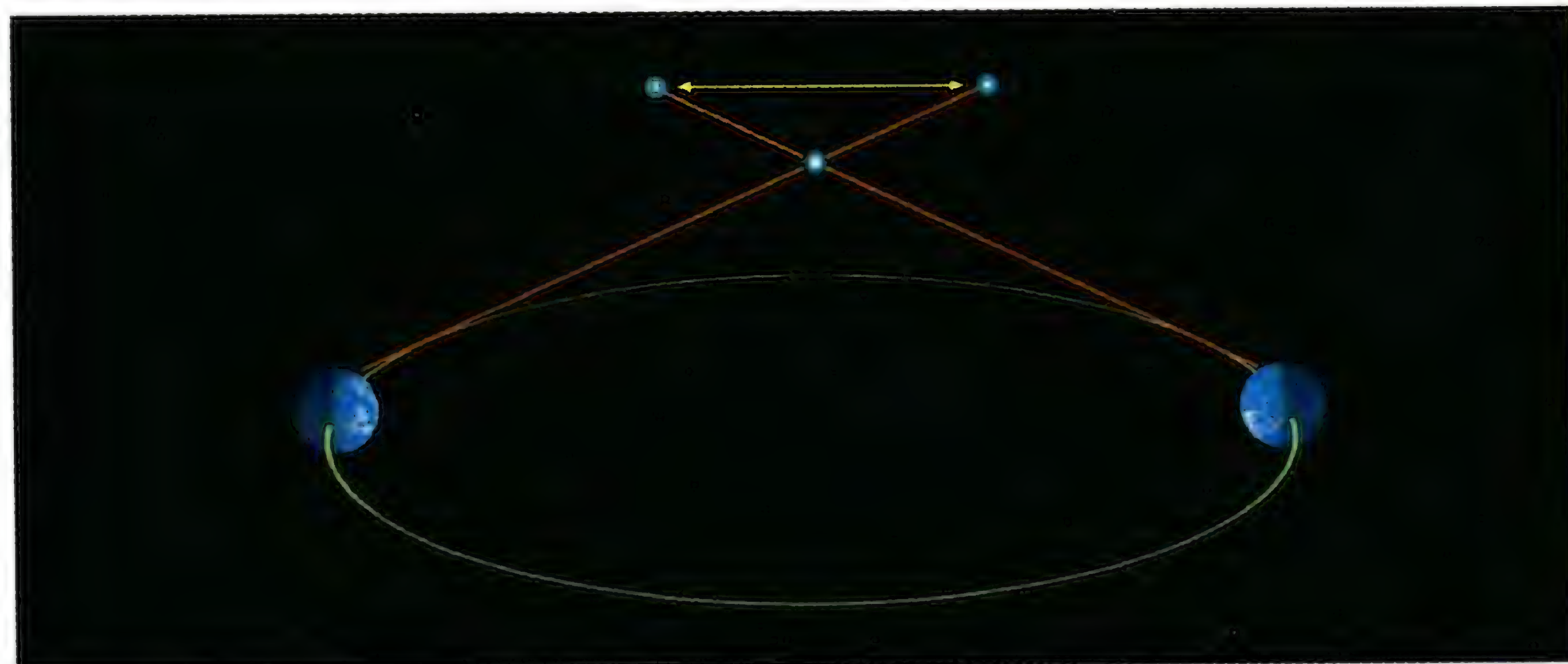
На самом же деле по прошествии шести месяцев ближайшие к нам звезды действительно слегка меняют свое положение по сравнению с более отдаленными звездами, но этот сдвиг настолько незначителен, что его можно заметить и измерить только с помощью телескопа. Невооруженным глазом ты его не увидишь. Это явление называется параллаксом.

Расстояние до ближайших звезд определяется именно так, при помощи измерения параллакса. Представь себе, что карандаш на изображенной сверху схеме — это одна из ближайших звезд, предметы вокруг тебя — более отдаленные звезды, а твои глаза — это две разных точки наблюдения на орбите Земли вокруг Солнца. Проведя измерения с интервалом в шесть месяцев, астрономы тем самым проводят наблюдения из точек, находящихся на расстоянии 300 млн км одна от другой. Сдвиг в расположении звезд тем не менее очень незначителен. Скажем, звезда, находящаяся на расстоянии одного светового года от Земли, изменила бы свое угловое положение на шесть секунд (что такое угловая секунда, см. на с. 28). Это сравнимо с передвижением на 1 см маленькой монетки, находящейся от тебя в 10 км. А ведь даже ближайшая звезда удалена от нас более чем на четыре световых года, так что изменение в ее положении будет еще менее заметным, не говоря уже о более далеких звездах.



△ Чтобы увидеть параллакс карандаша, находящегося у тебя в руке, открой и закрой по очереди каждый глаз. Тебе покажется, что карандаш прыжком переменил свое положение относительно предметов на заднем плане. Изменение положения — это и есть параллакс карандаша, и его можно измерить в угловых единицах. Чем дальше ты будешь отставлять карандаш, тем меньше будет угол параллакса.

▽ Расстояния до ближайших звезд можно определить, измеряя изменение их положения на небе (или параллакс) при наблюдении с противоположных сторон орбиты Земли.



С помощью телескопов, расположенных на Земле, можно измерить расстояния до звезд вплоть до 60 световых лет. Спутник «Гиппарх», который находился на орбите, проходящей выше атмосферы, с 1989 по 1993 г. собрал такое огромное количество данных о расположении звезд, что это дало возможность вычислить расстояния до звезд, удаленных от нас на 200 световых лет.

Методы определения удаленности звезд

Подавляющее большинство известных нам звезд слишком далеки, чтобы методом параллакса можно было вычислить их расстояние до Земли. Астрономам пришлось придумать для этой цели ряд хитрых приемов.

Самый излюбленный метод состоит в измерении видимого блеска звезды и сравнении этой величины с общим количеством света, который излучает данная звезда. Видимый блеск зависит от удаленности звезды и от излучаемого ею количества света. Если вторая из этих величин может быть определена независимо, учитывая какие-то другие свойства звезды, то тогда расстояние вычисляется путем сравнения ее истинной яркости с видимым блеском.

Тот блеск, который мы измеряем, зависит в основном от двух факторов. Чем звезда дальше от нас, тем менее яркой она выглядит. Если бы все звезды выделяли одинаковое количество света, как легко было бы вычислить их расстояние от Земли! Однако количество света, излучаемого звездами — которое астрономы называют светимостью, — колеблется в чрезвычайно широких пределах. Светимость красных звезд гораздо меньше светимости белых. Светимость больших по размеру звезд превосходит светимость малых.

К счастью для астрономов, существуют такие звезды, которые мгновенно распознаются благодаря тому, что их блеск регулярно меняется. Их называют правильными переменными звездами. Период времени, в течение которого их яркость сначала растет, а затем падает, позволяет установить их истинный блеск. Чтобы вычислить расстояние до такой звезды, необходимо определить всего две величины: период изменения ее яркости и среднюю величину ее видимого блеска.

△ Галактика Водоворот (M51) и ее соседка (NGC5195). Спиральные рукава галактики M51 содержат множество молодых звезд. Обе эти галактики взаимодействуют между собой, создавая приливные силы, которые притянули один из спиральных рукавов большей галактики к меньшей галактике. Эти галактики находятся на расстоянии 30 миллионов световых лет от Земли.

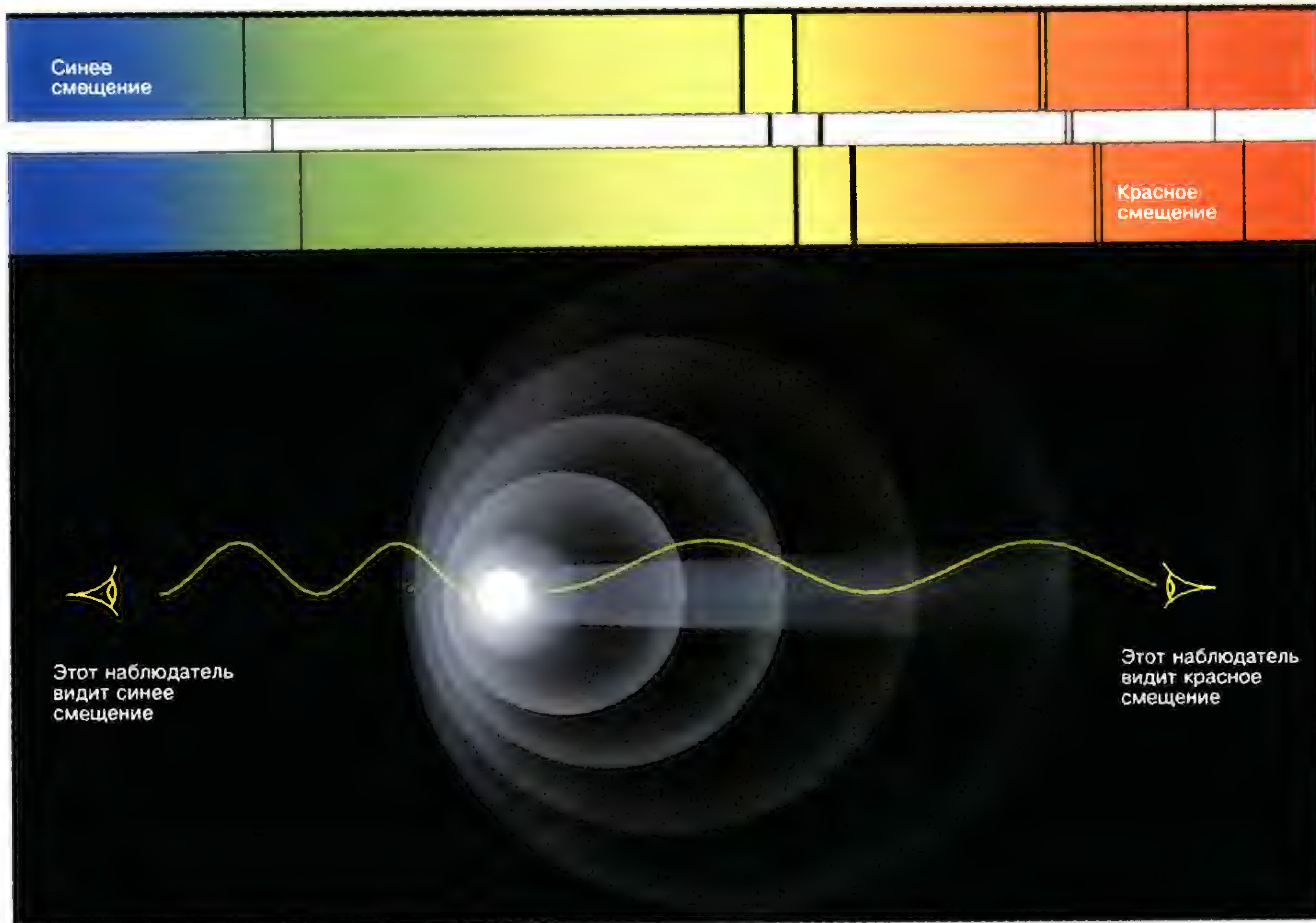
ЗВЕЗДНЫЕ ВЕЛИЧИНЫ

Для характеристики видимой яркости звезд, их блеска, было введено понятие звездных величин: меньшими числами обозначают более яркие звезды. Понятие звездной величины ввел древнегреческий ученый Гиппарх примерно в 120 г. до н.э. Он разделил все звезды, видимые невооруженным глазом, на шесть групп в зависимости от их блеска. Самые яркие он назвал звездами первой величины, а самые слабые — шестой. У Гиппарха не было ни телескопа, ни других инструментов, так что его система основывалась на интуиции.

В 1850-х гг. система звездных величин получила научное обоснование. При этом оказалось, что блеск некоторых самых ярких небесных тел превосходит первую величину, так что их звездные величины обозначили нулем и даже отрицательными числами. Звездная величина Сириуса, самой яркой из всех звезд, видимых с Земли, равна −1,46. Если звездная величина больше шести, значит, звезду можно увидеть только в телескоп.

ПАРСЕКИ

Для характеристики расстояний профессиональные астрономы используют особую единицу, которую они изобрели, измеряя параллакс звезд. Слово «парсек» происходит от двух слов: «параллакс» и «секунда». Один парсек (сокращенно пс) равен 3,26 светового года, один килопарсек (кпс) равен 3260 световым годам, а один мегапарсек (Мпс) равен 3,26 миллиона световых лет.



◁ Красное смещение и синее смещение. Белое пятно изображает источник света, движущийся влево. Для наблюдателя, находящегося слева, световые волны как бы сжимаются, длина их волны кажется ему более короткой, чем если бы источник света был неподвижен. Картина темных линий спектра смещается в сторону синих волн (верхний спектр). Наблюдателю, находящемуся справа, световые волны кажутся растянутыми, имеющими большую длину. В этом случае в спектре наблюдается красное смещение (нижний спектр).

Переменные звезды расширяют диапазон измерений

В результате измерений, связанных с переменными звездами, область исследований увеличилась, охватив нашу Галактику (100 000 световых лет) и устремившись к ближайшим галактикам, таким, как галактика Андромеды, удаленная от нас на 2 миллиона световых лет.

Тип переменных звезд, называемых цефеидами, особенно важен, поскольку с их помощью вычисляют расстояния вне нашей Галактики. Цефеиды обладают исключительной светимостью, так что в ближних галактиках их можно разглядеть индивидуально.

Расстояние до более отдаленных галактик астрономы вычисляют, основываясь на яркости переменных звезд, либо же измеряя количество света, приходящего от самых больших звездных скоплений в этих галактиках. Подобные явления одинаковы в различных галактиках, так что любое отличие в блеске является следствием разницы в удаленности.

Красное смещение галактик

В 1920-х гг. американский астроном Эдвин Хаббл (1889—1953) обнаружил связь между расстояниями до галактик и скоростью их перемещения в пространстве. Он сделал фотографии спектров (разложение света на цвета радуги) многих галактик. Работая в Маунт Уилсон (Калифорния, США), Хаббл пользовался телескопом диаметром 2,5 м, который в то время был самым большим в мире. Хаббл обнаружил, что почти для всех изученных им галактик линии спектра находились не на своих обычных местах. У многих галактик спектральные линии были ближе к красному краю спектра, чем это бывает в норме. Смещение к красному краю менялось от галактики к галактике.

Красное смещение объясняется так. Когда галактика движется от нас, ее световые волны растягиваются. Чем быстрее движение, тем сильнее растяжение волн. Более длинные световые волны выглядят для наших глаз более красными. Подобный же эффект имеет место и со звуковыми волнами, когда, например, полицейская машина, завывая сиреной, проносится мимо на высокой скорости. Нам кажется, что звук удаляющейся сирены становится ниже по тону — это следствие растяжения звуковых волн.

Для каждой галактики Хаббл рассчитал скорость, необходимую для того, чтобы вызвать наблюдаемую величину красного смещения. Он обнаружил галактики, которые уносятся от нас с невероятными скоростями — вплоть до нескольких процентов от скорости света. (Ни одна галактика не может двигаться быстрее света.) Астрономы измеряют красное смещение по величине световых волн. Например, если длина волны удваивается, красное смещение равно 1,00. Чем больше растягиваются волны, тем больше красное смещение.

Однако настоящее удивление вызвало открытие, что почти все галактики имеют красное смещение.

Лишь вблизи нашей Галактики обнаружилось небольшое количество галактик с некоторым синим смещением, указывающим на их движение в нашу сторону, а не от нас. А большинство галактик во Вселенной с огромной скоростью удаляются от нас и друг от друга.

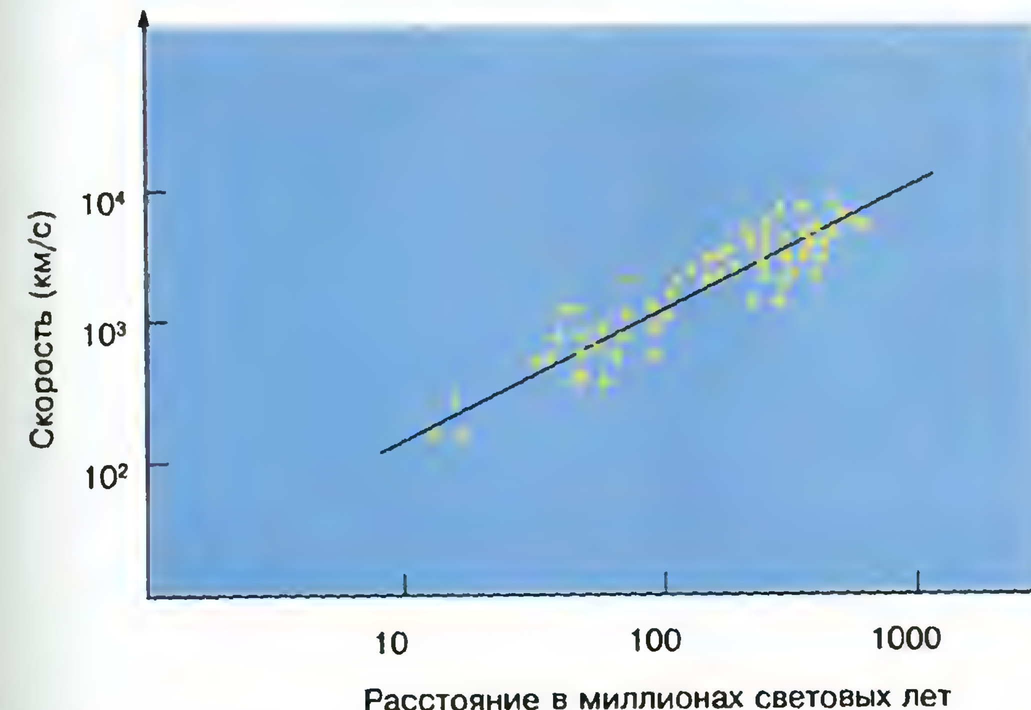
▽ Изучение галактик Эдвином Хабблом впервые дало возможность сделать предположение об огромных размерах Вселенной: он показал, что все остальные галактики находятся в миллионах световых лет от нашей.



Расстояния до галактик

Хаббл установил расстояния до некоторых ближайших галактик, наблюдая их переменные звезды. А затем занялся определением их скоростей.

В 1929 г. он опубликовал свои результаты. Он построил график, где по одной оси откладывается скорость, а по другой — расстояние до галактики. На плоскости с такими осями координат Хаббл нанес точки, соответствующие каждой галактике. К его удивлению, почти все точки оказались вблизи одной наклонной прямой линии. Таким образом, Хаббл установил, что галактики движутся тем быстрее, чем дальше они находятся. Этот факт стал известен под названием закона Хаббла.



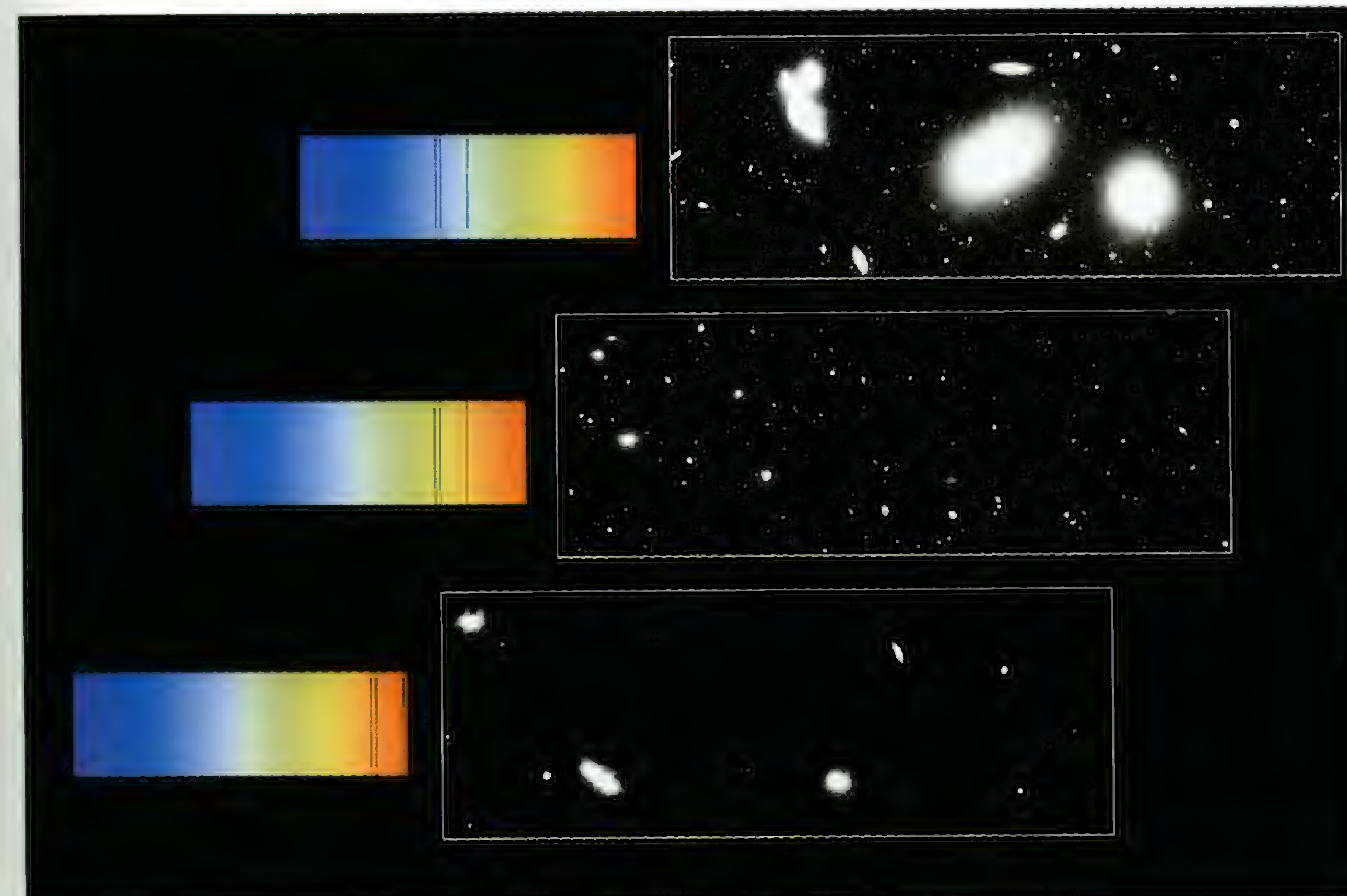
◁ Закон Хаббла, показывающий, как расстояние до галактики связано с ее измеряемой скоростью. Чем выше скорость, тем дальше от нас эта галактика.

Он явился ключом к открытию тайн Вселенной в масштабе ее огромных расстояний. Теперь, определив скорость галактики из ее красного смещения, астрономы получили возможность найти и расстояние до этой галактики, исходя из закона Хаббла.

Каковы размеры Вселенной?

Астрономы 1930-х гг. были удивлены, обнаружив, насколько далеки от нас некоторые галактики. Сегодня нам известно, что наиболее удаленные из поддающихся обнаружению объектов находятся от нас на расстоянии приблизительно в 17 миллиардов световых лет. В конце этой космической лестницы расстояний имеется много всевозможных неясностей. Но как бы то ни было, свет из наиболее удаленных частей Вселенной отправился в путь за многие миллиарды лет до образования нашей Солнечной системы.

Наша Вселенная ограничена в своих размерах семнадцатью миллиардами световых лет. Вблизи этого предела наблюдаемые объекты удаляются от нас со скоростями, близкими к скорости света. Мы не знаем, превосходят ли размеры Вселенной эти границы. Некоторые астрономы считают, что даже самая огромная сфера пространства, о которой мы имеет хоть какое-то представление, является лишь крошечной частицей некой гигантской Вселенной, значительно большей по размерам, чем все, что когда бы то ни было можно будет увидеть.



◁ Три скопления галактик. Скопление Девы (верхний снимок) находится на расстоянии около 65 млн световых лет. Скопление Персея (в центре) удалено от нас на 325 млн световых лет. Галактическое скопление CL 0939+4713 (нижний снимок), сфотографированное при помощи космического телескопа «Хаббл», находится от нас примерно в 4 млрд световых лет.

Солнечная система

Где можно найти вулканы, извергающие расплавленную серу? Была ли когда-нибудь на Марсе вода? Какая планета захватывает кометы и астероиды? Солнечная система полна сюрпризов: твердые планеты и луны, покрытые кратерами; гигантские планеты, состоящие из газа; неожиданно появляющиеся кометы; камни, падающие с неба.

HARDY

Меркурий



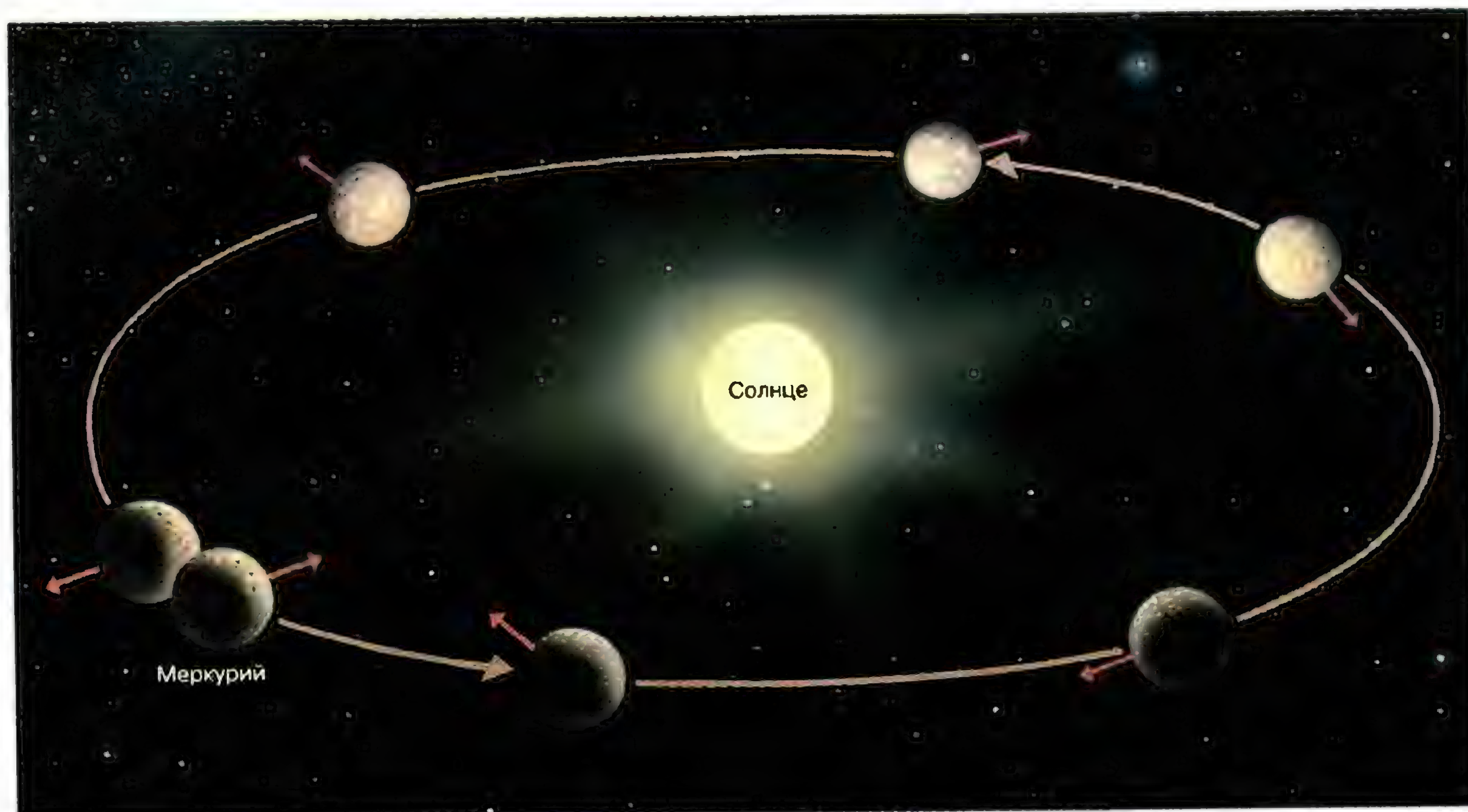
Меркурий — самая близкая к Солнцу планета, и весь свой путь по орбите вокруг Солнца он проходит всего за 88 дней. Меркурий — самая маленькая из всех планет, не считая Плутона. Поверхность этого небольшого мирка достаточно горяча, чтобы расплавить олово и свинец. Едва ли там есть какая-нибудь атмосфера, а твердый грунт весь покрыт кратерами.

Орбита Меркурия ближе к Солнцу, чем орбита Земли. По этой причине Меркурий на нашем небе всегда располагается очень близко к Солнцу. Из каждого 88-дневного пути Меркурия по орбите имеется всего несколько дней, когда он находится достаточно далеко от Солнца, для того чтобы его вообще можно было разглядеть. В это время он стоит низко над горизонтом в сумеречном небе. К сожалению, Меркурий никогда не бывает виден на совершенно темном небе.

Лучше всего наблюдать Меркурий в вечернем небе весной или перед рассветом осенью. Чтобы не пропустить самые удачные дни, поищи необходимые сведения в ежегодном астрономическом справочнике или внимательно прочитай ежемесячную астрономическую колонку в газете. У тебя будет больше шансов найти на небе Меркурий, если ты вооружишься биноклем, но никогда не пользуйся им, пока не сядет Солнце. Меркурий будет выглядеть, как яркая звезда. После того как ты определишь его с помощью бинокля, ты сможешь видеть Меркурий и невооруженным глазом.

Долгие сутки Меркурия

Меркурий совершает один оборот вокруг своей оси за 59 наших суток. Возможно, что когда-то давно Меркурий вращался быстрее, но сила тяготения Солнца постепенно замедлила его вращение.



◁ Чтобы сделать один оборот вокруг своей оси, Меркурию требуется 59 земных суток. Начни с того места, где стрелка указывает на Солнце. Теперь следуй вдоль орбиты и смотри, как медленно поворачивается Меркурий, двигаясь по своей орбите. Стрелка совершит один оборот, когда Меркурий проделает две трети своего пути вокруг Солнца. Прежде чем стрелка снова укажет на Солнце, планета дважды обойдет всю орбиту. Это означает, что сутки Меркурия длятся в течение двух его лет.



Меркурий делает три оборота вокруг своей оси, пока дважды обходит всю свою орбиту вокруг Солнца. За время одного оборота вокруг оси он проходит две трети своей орбиты. Так что, оказавшись на Меркурии, ты обнаружил бы, что от одного восхода Солнца до другого проходит два «меркурианских года», то есть 176 земных суток. Кроме того, ты заметил бы, что Солнце сильно меняется в своих кажущихся размерах, поскольку орбита Меркурия довольно сильно вытянута. За время очень долгих «дней» температура на экваторе Меркурия поднимается до 430°С, а это достаточно, чтобы расплавить олово, свинец и цинк.

Почти без воздуха

На Меркурии почти нет атмосферы. В прошлом, возможно, там и были какие-то газы, но теперь все давно выкипело под воздействием жгучих лучей Солнца. Однако Меркурию все же удается захватывать некоторое количество газовых струй водорода и гелия, которые вырываются из Солнца. Кроме того, раскаленные, как печь, твердые породы выделяют атомы натрия. Так что очень тонкий атмосферный слой все же имеется, и состоит он, главным образом, из натрия с небольшими добавками гелия и водорода.

В отсутствие воздуха и облаков составление прогнозов погоды на Меркурии было бы делом весьма несложным: невыносимая жара днем, а в полярных областях ледяной холод по ночам.

Поверхность, как на Луне

Детали поверхности Меркурия невозможно разглядеть в телескоп ввиду очень большой удаленности этой планеты. В 1974 и 1975 гг. космическим кораблем «Маринер-10» было сделано свыше 10 000 снимков поверхности Меркурия. На лучших фотографиях видны кратеры и трещины на поверхности, ширина которых не превосходит 100 м. «Маринер-10» произвел фотосъемки почти половины всей планеты. Ее поверхность изрыта кратерами, очень похожими на лунные. Одно огромное образование круглой формы под названием Бассейн Калорис имеет в диаметре 1300 км. Возможно, оно возникло в результате столкновения с большим астероидом. Точно так же, как и на Луне, здесь имеются маленькие чашеобразные кратеры и кратеры побольше с острым пиком в центре. Очень многие кратеры выглядят так, словно они возникли от ударов метеоритов или астероидов.

Вскоре после начала образования планет, около 5 млрд лет назад, во всех внутренних частях Солнечной системы летали случайные куски твердых пород, камни и астероиды. Они бомбардировали поверхности планет. Взглянув на Луну и Меркурий, мы и теперь можем видеть следы этих бомбардировок. В отличие от Земли, в этих мирах нет ни воздуха, ни воды, а потому их кратеры не подверглись никакой эрозии.

МЕРКУРИЙ В ЦИФРАХ

Масса: 0,055 массы Земли, то есть $3{,}3 \times 10^{23}$ кг
Диаметр: 0,38 диаметра Земли, то есть 4870 км
Плотность: 5,43 г/см^3
Температура поверхности: максимум +430°С, минимум – 180°С
Период вращения относительно звезд (длина суток): 58,65 земных суток
Расстояние от Солнца (среднее): 0,387 а. е., то есть 58 млн км
Период обращения по орбите (год): 88 земных суток



◁ △ На Меркурии много кратеров от ударов астероидов и метеоритов (слева). У больших кратеров дно часто плоское. Удар астероида разрушает поверхностные породы, а вытекшая лава образует плоскую, гладкую новую поверхность (сверху).

ВАЖНЫЕ ОТКРЫТИЯ

1631	7 ноября астрономы впервые наблюдают проход Меркурия по диску Солнца. Это явление было предсказано Иоганном Кеплером.
1965	С помощью радиолокации измерен период обращения Меркурия вокруг своей оси: 58,65 земных суток.
1974–1975	Космический корабль «Маринер-10» делает первые фотосъемки поверхности.
1985	В атмосфере Меркурия обнаружен натрий.

Венера



Венера подходит к Земле ближе, чем какая-либо другая планета. Но плотная, облачная атмосфера не позволяет непосредственно видеть ее поверхность. Снимки, сделанные с помощью радара, демонстрируют очень большое разнообразие кратеров, вулканов и гор. Температура поверхности достаточно высока, чтобы расплавить свинец, а когда-то на этой планете, возможно, имелись обширные океаны.

Венера — вторая от Солнца планета, имеющая почти круговую орбиту, которую она обходит за 225 земных суток на расстоянии 108 млн км от Солнца. Поворот вокруг оси Венера совершает за 243 земных дня — максимальное время среди всех планет. Вокруг своей оси Венера вращается в обратную сторону, то есть в направлении, противоположном движению по орбите. Такое медленное, и притом обратное, вращение означает, что, если смотреть с Венеры, Солнце восходит и заходит всего лишь два раза за год, поскольку венерианские сутки равны 117 нашим. Венера подходит к Земле на расстояние 45 млн км — ближе, чем любая другая планета.

По своим размерам Венера лишь немного меньше Земли, и масса у нее почти такая же. По этим причинам Венеру иногда называют близнецом или сестрой Земли. Однако поверхность и атмосфера этих двух планет совершенно различны. На Земле есть реки, озера, океаны и атмосфера, которой мы дышим. Венера — обжигающе горячая планета с плотной атмосферой, которая была бы губительной для человека.

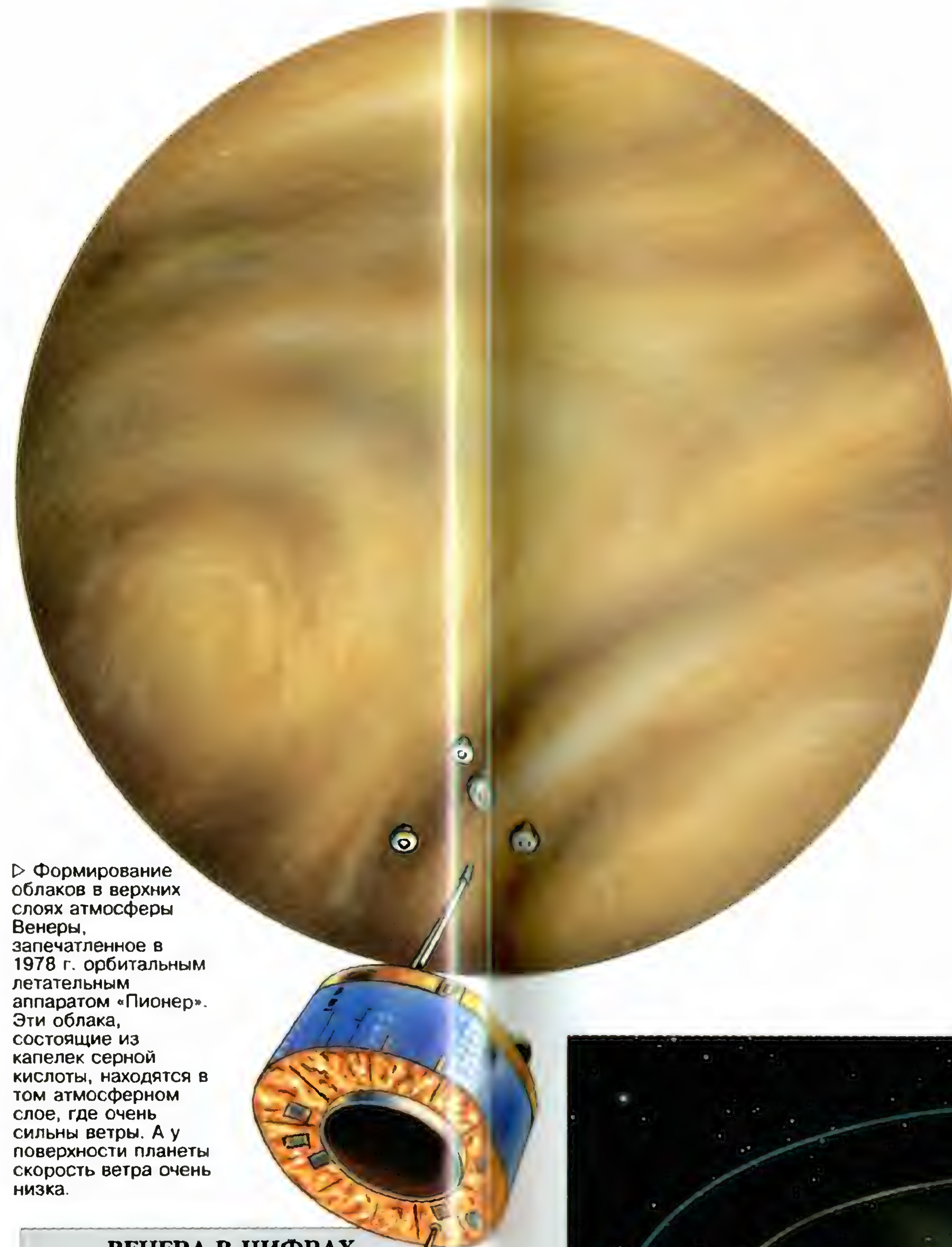
До начала космической эры астрономы знали о Венере очень мало. Плотная облачность мешала им увидеть ее поверхность в телескопы. Космическим кораблям удалось пройти сквозь атмосферу Венеры, состоящую в основном из углекислого газа с примесями азота и кислорода. Бледно-желтые облака в атмосфере содержат капельки серной кислоты, выпадающей на поверхность кислотными дождями.

Наблюдение Венеры

Найти Венеру на небе проще, чем любую другую планету. Ее плотные облака прекрасно отражают солнечный свет, делая планету яркой. Поскольку орбита Венеры ближе к Солнцу, чем земная, то в нашем небе Венера никогда сильно не удаляется от Солнца. Каждые семь месяцев в течение нескольких недель Венера представляет собой самый яркий объект в западной части неба по вечерам. Ее называют «вечерней звездой». В эти периоды видимый блеск Венеры в 20 раз превосходит блеск Сириуса, самой яркой звезды северного неба. Три с половиной месяца спустя Венера восходит на три часа раньше Солнца, становясь сверкающей «утренней звездой» восточной части неба.

Ты можешь наблюдать Венеру примерно через час после захода Солнца или за час до восхода. Угол между Венерой и Солнцем никогда не превосходит 47°. Две точки на орбите, в которых угол достигает этой величины, называются наибольшей восточной и наибольшей западной элонгациями. В течение двух-трех недель вблизи этих точек Венеру невозможно не обнаружить, если только небо чистое. Если ты сначала увидишь Венеру в предрассветном небе в период наибольшей западной элонгации, то сумеешь отличить ее и позднее, даже после восхода Солнца, настолько она яркая. Если ты пользуешься биноклем или телескопом, прими необходимые меры предосторожности, чтобы Солнце случайно не попало в поле твоего зрения.

Нетрудно заметить, что Венера, подобно Луне, имеет фазы. В точках наибольшей элонгации планета выглядит, как крошечная Луна в фазе полудиска. По мере приближения Венеры к Земле ее видимый размер с каждым днем несколько увеличивается, а форма постепенно изменяется до узкого серпа. Но никаких особенностей поверхности планеты нельзя разглядеть из-за плотной облачности.



▷ Формирование облаков в верхних слоях атмосферы Венеры, запечатленное в 1978 г. орбитальным летательным аппаратом «Пионер». Эти облака, состоящие из капелек серной кислоты, находятся в том атмосферном слое, где очень сильны ветры. А у поверхности планеты скорость ветра очень низка.

ВЕНЕРА В ЦИФРАХ

Масса: 0,815 массы Земли, то есть $4{,}87 \times 10^{24}$ кг

Диаметр экватора: 0,949 диаметра экватора Земли, то есть 12 100 км

Плотность: 5,25 г/см^3

Температура поверхности: 480°С (максимум)

Период вращения относительно звезд: 243 дня

Расстояние от Солнца (среднее): 0,723 а. е., то есть 108 млн км

Период обращения по орбите (год): 224,7 земных суток

Прохождение Венеры по диску Солнца

Очень редко случается, что Венера проходит точно между Землей и Солнцем. Эти прохождения использовались в XVIII в. для определения размеров Солнечной системы. Отмечая разницу во времени между началом и концом прохождения при наблюдении из разных точек Земли, астрономы оценивали расстояние между Землей и Венерой. Третье путешествие капитана Кука в поисках открытий (1776–1779) включало наблюдение прохождения. В следующий раз Венера будет пересекать Солнечный диск в 2004 г.

Фазы Венеры

Первым наблюдал фазы Венеры Галилей в 1610 г. Из сходства с фазами Луны он сделал вывод, что орбита Венеры расположена ближе к Солнцу, чем орбита Земли. Его наблюдения Венеры доказали, что в центре нашей Солнечной системы находится Солнце. Наблюдая фазы Венеры раз в несколько дней примерно в течение месяца, ты сможешь рассчитать, приближается к нам эта планета или удаляется от нас.

Горячий мир

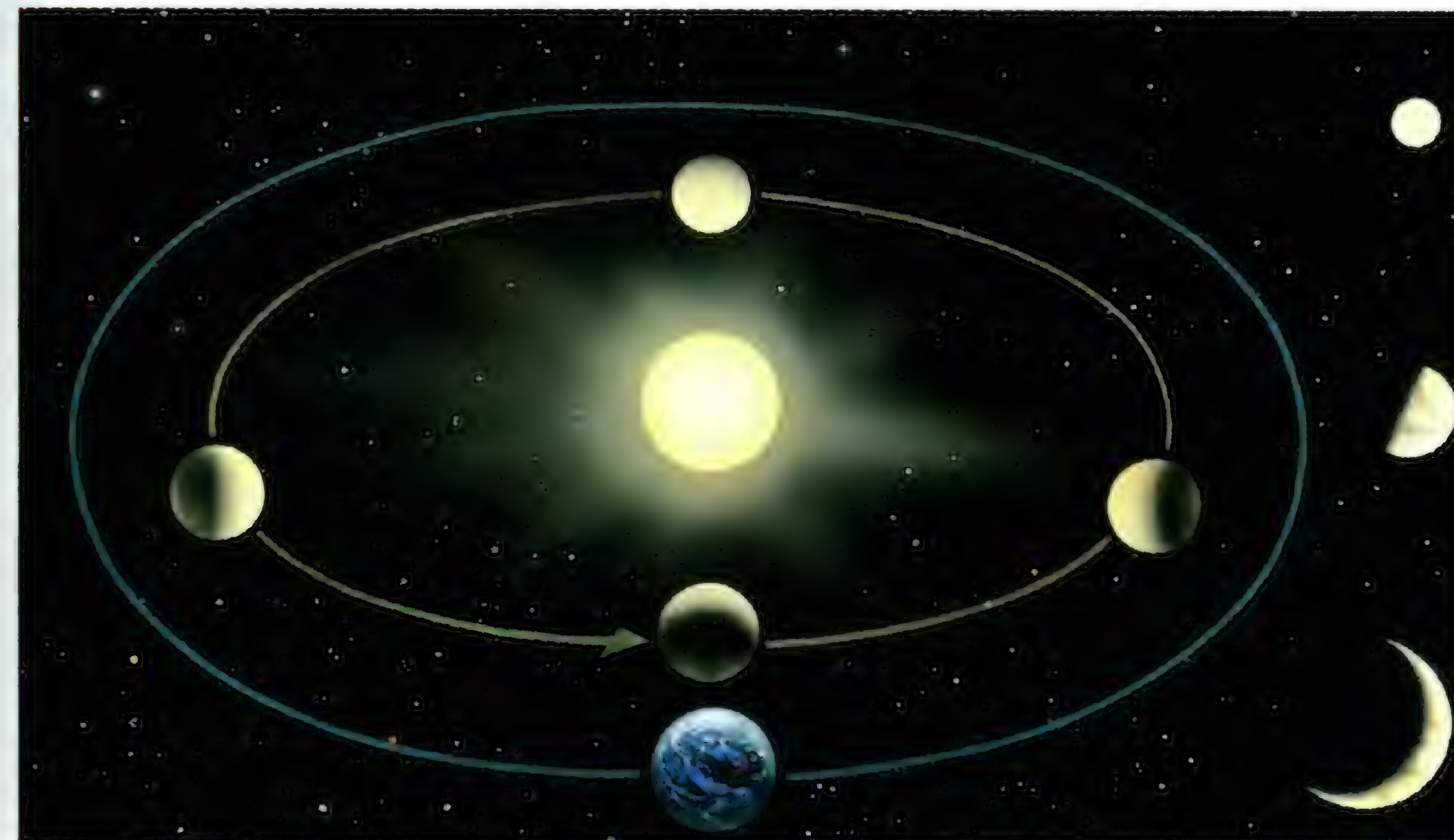
Атмосфера Венеры крайне жаркая и сухая. Температура на поверхности достигает своего максимума примерно у отметки 480°С. В атмосфере Венеры содержится в 105 раз больше газа, чем в атмосфере Земли. Давление этой атмосферы у поверхности очень велико, в 95 раз выше, чем на Земле. Космические корабли приходится конструиро-

НАЗВАНИЯ ДЕТАЛЕЙ ЛАНДШАФТА

Присвоение наименований на поверхностях планет и лун осуществляет Международный Астрономический союз. Космические корабли обнаружили на Венере много кратеров, гор и равнин, которым нужны были имена. Поскольку Венера была древнеримской богиней любви, ученые решили назвать детали ландшафта в честь знаменитых женщин, прославивших свое имя в истории.

Несколько частей территории Венеры названы именами богинь других культур, а не только заимствованными из древнеримских и древнегреческих мифов. Например, Долина Навки названа по имени арабской матери-богини доброй судьбы, а Долина Седны — по имени эскимосской богини. Гора Ушас получила имя индийской богини утренней зари, а Гора Уззы — имя персидской богини.

В честь женщин-писательниц названы некоторые кратеры: наряду с Агатой Кристи, на Венере есть имя поэтессы Элизабет Баррет Браунинг.



◁ Орбита Венеры ближе к Солнцу, чем орбита Земли. Когда Венера находится с противоположной от Солнца стороны, освещен весь ее диск, а когда она расположена между Землей и Солнцем, мы видим только часть освещенного Солнцем полушария. По этой причине у Венеры, как и у Луны, имеются различные фазы в зависимости от ее местоположения на орбите.

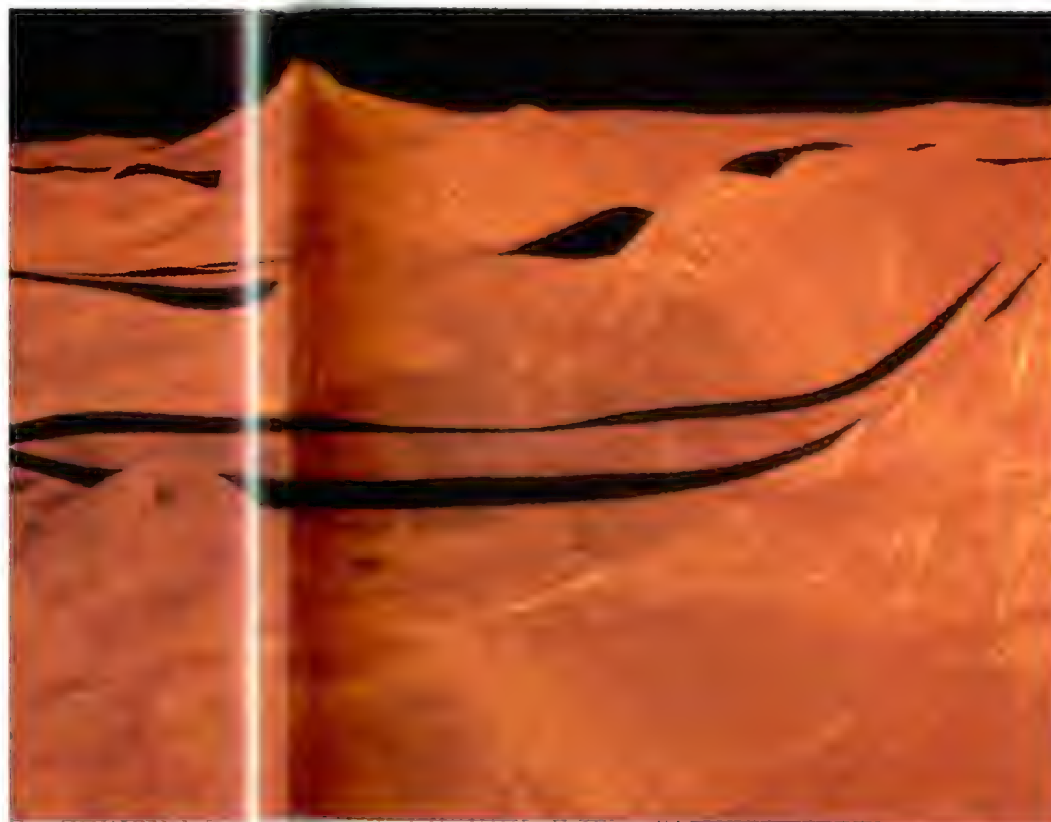
вать так, чтобы они выдерживали сокрушительную, раздавливающую силу атмосферы. В 1970 г. первый космический корабль, прибывший на Венеру, смог выдержать страшную жару лишь около одного часа — этого как раз хватило, чтобы послать на Землю данные об условиях на поверхности. Российские летательные аппараты, совершившие посадку на Венеру в 1982 г., послали на Землю цветные фотографии с изображением острых скал.

Благодаря парниковому эффекту, на Венере стоит ужасная жара. Атмосфера, представляющая собой плотное одеяло из углекислого газа, удерживает тепло, пришедшее от Солнца. В результате скапливается такое количество тепловой энергии, что температура атмосферы гораздо выше, чем в духовке.

На Земле, где количество углекислого газа в атмосфере невелико, природный парниковый эффект повышает глобальную температуру на 30°С. А на Венере парниковый эффект поднимает температуру еще на 400°. Изучая физические последствия сильнейшего парникового эффекта на Венере, мы хорошо представляем себе те результаты, к которым может привести накапливание излишков тепла на Земле, вызываемое растущей концентрацией углекислого газа в атмосфере из-за сжигания ископаемого топлива — угля и нефти.



◁ В атмосфере Венеры содержится большое количество углекислого газа. Этот газ позволяет тепловому излучению Солнца проходить сквозь атмосферу Венеры и нагревать поверхность планеты. Раскаленные в результате этого твердые породы, в свою очередь, излучают тепло, но длина волны этого излучения значительно больше, чем у солнечных лучей, и потому оно не может преодолеть плотный слой углекислого газа. Таким образом, углекислый газ действует подобно стеклам в обычном парнике: лучи Солнца проникают внутрь, но выделяемое тепло не может выйти из парника наружу.



◁ Радиолокационные данные, полученные космическим кораблем «Магеллан» и обработанные специальным компьютером, дали возможность построить этот вид на венерианские горы Дану. Это складчатые горы, похожие по структуре на наши Альпы и Анды; они вздымаются на 3 км вверх над окружающими равнинами. Темные места — это участки, данные о которых не удалось получить в процессе картографирования.

Венера и Земля в давние времена

4,5 миллиарда лет назад, когда Земля только сформировалась, она тоже имела очень плотную атмосферу из углекислого газа — точно так же, как Венера. Этот газ, однако, растворяется в воде. Земля была не такой горячей, как Венера, поскольку она дальше от Солнца; в результате дожди вымывали углекислый газ из атмосферы и направляли его в океаны. Из раковин и костей морских животных возникали горные породы, такие, как мел и известняк, в состав которых входят углерод и кислород. Кроме того, углекислый газ извлекался из атмосферы нашей планеты и при образовании угля и нефти.

В атмосфере Венеры не очень много воды. А вследствие парникового эффекта температура атмосферы превышает точку кипения воды вплоть до высоты около 50 км. Возможно, когда-то в прошлом на Венере были океаны, но если и были, они давно уже выкипели.

Поверхность Венеры

Для исследования характера поверхности Венеры под толстым слоем облаков астрономы используют как межпланетные корабли, так и радиоволны. К Венере направлялись уже более 20 американских и российских космических кораблей — больше, чем к какой-либо другой планете. Первый российский корабль был раздавлен атмосферой. Однако в конце 1970-х — начале 1980-х гг. были получены первые фотографии, на которых видны образования из твердых пород — острые, покатые, осыпавшиеся, мелкая крошка и пыль, — химический состав которых был сходен с вулканическими породами Земли.

В 1961 г. ученые послали к Венере радиоволны и приняли на Земле отраженный сигнал, измерив скорость вращения планеты вокруг своей оси. В 1983 г. на орбиту вокруг Венеры вышли космические корабли «Венера-15» и «Венера-16».

Используя радар, они построили карту северного полушария планеты до параллели 30°. Еще более подробные карты всей поверхности с деталями размером до 120 м получены в 1990 г. кораблем «Магеллан». С помощью компьютеров радиолокационную информацию превратили в изображения, похожие на фотографии, где видны вулканы, горы и другие детали ландшафта.



◁ Два венерианских вулкана: Гора Гулы (справа), высотой 3 км, и Гора Сив (слева), высотой 2 км. На Венере больше вулканов и излияний лавы, чем на какой-либо другой планете. Вся ее поверхность по геологическим масштабам является молодой, поскольку свидетельства частой вулканической активности в виде лавовых потоков покрывают более старые породы.

Ударные кратеры

«Магеллан» передал на Землю прекрасные изображения огромных венерианских кратеров. Они возникли в результате ударов гигантских метеоритов, прорвавшихся сквозь атмосферу Венеры на ее поверхность. Такие столкновения высвобождали жидкую лаву, заключенную внутри планеты. Некоторые метеориты взрывались в нижних слоях атмосферы, создавая ударные волны, которые образовывали темные круглые кратеры. Метеориты, проходящие сквозь атмосферу, летят со скоростью около 60 000 км/ч. Когда такой метеорит ударяется о поверхность, твердая порода мгновенно превращается в раскаленный пар, оставляя в грунте кратер. Иногда лава после такого удара находит путь наверх и вытекает из кратера.

Вулканы и лава

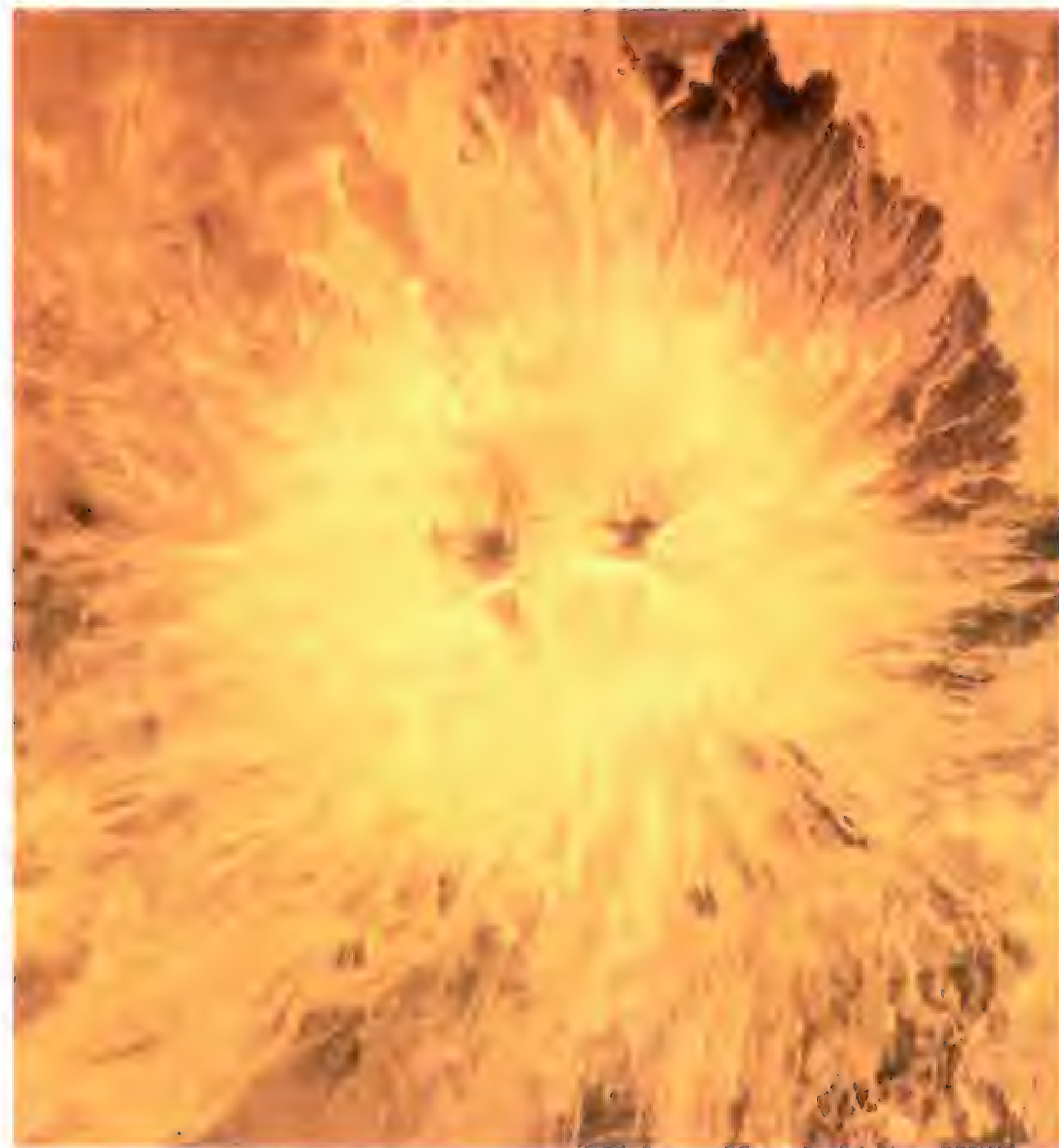
Поверхность Венеры покрыта сотнями тысяч вулканов. Есть несколько очень больших: высотой 3 км и шириной 500 км. Но большая часть вулканов имеет 2–3 км в поперечнике и около 100 м в высоту. Излияние лавы на Венере происходит значительно дольше, чем на Земле. Венера слишком горяча для того, чтобы там были лед, дожди или бури, поэтому там не происходит существенных атмосферных воздействий (выветривания). А значит, вулканы и кратеры почти не изменились с тех пор, как они образовались миллионы лет на-

зад. На фотографиях Венеры, сделанных с «Магеллана», мы видим такой древний ландшафт, какого не увидишь на Земле, — и все-таки он моложе, чем на многих других планетах и лунах.

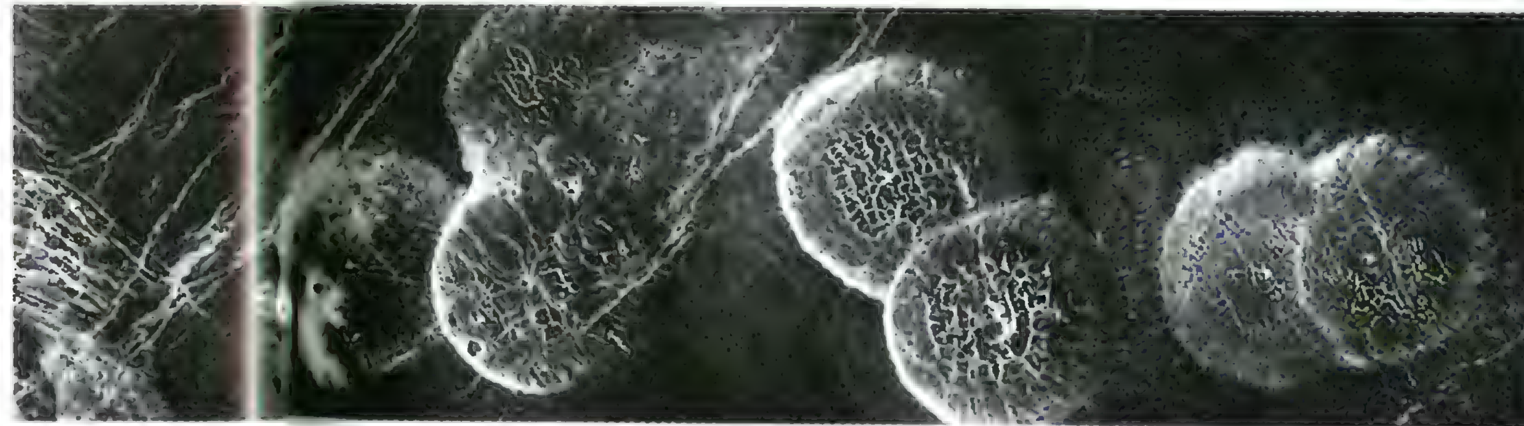
По-видимому, Венера покрыта твердыми породами. Под ними циркулирует раскаленная лава, вызывающая напряжение тонкого поверхностного слоя. Лава постоянно извергается из отверстий и разрывов в твердых породах. Кроме того, вулканы все время выбрасывают струи мелких капелек серной кислоты. В некоторых местах густая лава, постепенно сочась, скапливается в виде огромных луж шириной до 25 км. В других местах громадные пузыри лавы образуют на поверхности купола, которые затем опадают.

На Земле геологам не просто выяснить историю нашей планеты, поскольку под воздействием ветра и дождя горы и долины постоянно подвергаются эрозии. Венера очень интересует ученых по той причине, что ее поверхность подобна древним ископаемым пластам. Детали ее ландшафта, обнаруженные «Магелланом», имеют возраст в сотни миллионов лет.

Вулканы и потоки лавы сохраняются в неизменном виде на этой сухой планете, мир которой — ближайший к нашему.



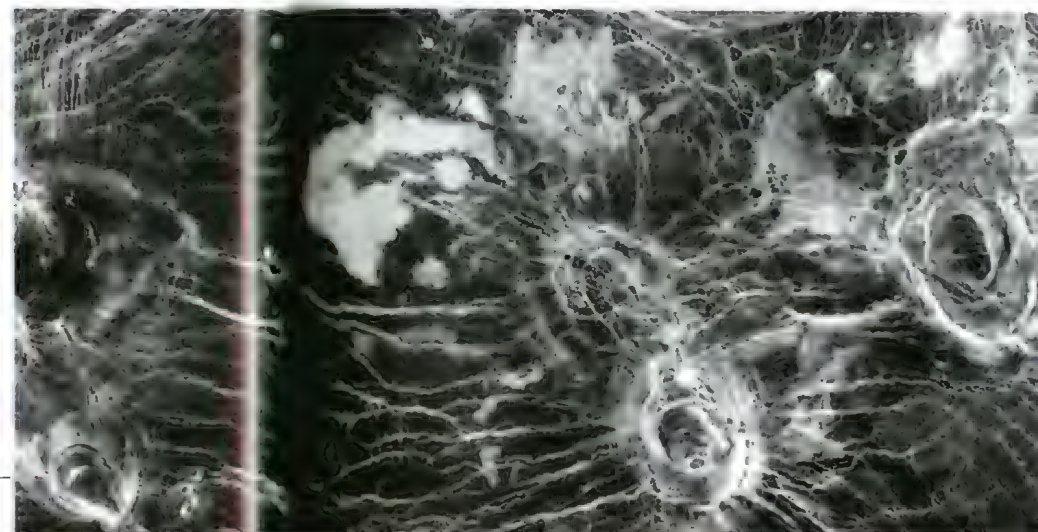
▽ Изображение в условных цветах, снятое над вулканом Гора Шапаш, ширина которого 400 км, а высота — 1,5 км. Лава, извергаясь, растекается во все стороны от жерла вулкана. Такая картина типична и для больших вулканов на Земле, особенно на Гавайях.



◁ Эти странные лепешки представляют собой толстые куполообразные сгустки лавы диаметром около 25 км. Вероятно, в этих местах густая и липкая расплавленная порода вытекла, пузырясь, через трещины в поверхности.



◁ Три больших кратера диаметром от 25 до 50 км, расположенные на Равнине Лавинии на Венере. Темные внутренние круги заполнены лавой. Светлые образования в форме лепестков вокруг кратера обнаружены только на Венере. Они представляют собой кучи раздробленной породы, выброшенной из кратеров при ударах метеоритов



◁ Эти паутиноподобные образования — сеть трещин в поверхностных породах. Под теми местами, где трещины имеют вид окружностей, горячая порода пытается вырваться наружу, вспучивая кору планеты. «Магеллан» обнаружил сотни таких выпуклостей и куполов.

ВАЖНЫЕ ОТКРЫТИЯ

1610 Галилей наблюдает и описывает фазы Венеры.

1639 Первое наблюдение прохождения Венеры по диску Солнца.

1958 Радиоизмерения указывают на высокую температуру поверхности.

1961 Радаром измерен период обращения вокруг оси (243 земных суток).

1962 «Маринер-2» — первый космический корабль, прилетевший к Венере; он подтвердил предположение о высокой температуре поверхности.

1970 «Венера-7» совершает посадку и посылает на Землю данные.

1974 «Маринер-10» делает 4000 изображений облаков Венеры.

1975 «Венера-9» и «Венера-10» передали первые изображения поверхности.

1982 Посадка «Венеры-13» и «Венеры-14». Анализы поверхностных пород.

1990 Космический корабль «Магеллан» начинает детальное радарное картографирование.



△ Облачная атмосфера Венеры.

Луна

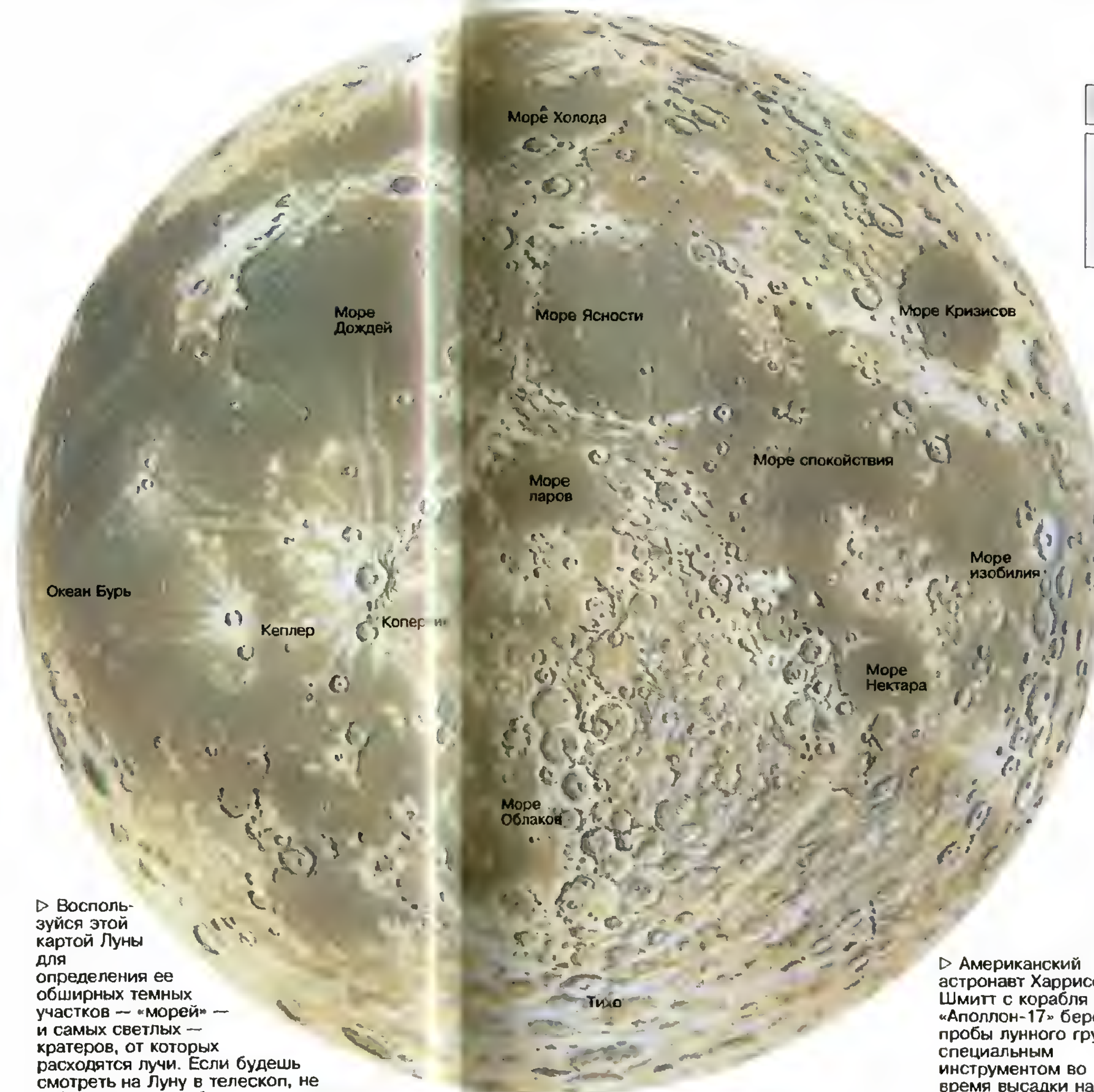
Луна находится на расстоянии всего лишь 380 000 км от Земли. Это единственный внеземной мир в космосе, который посетили люди. На Луне нет ни воздуха, ни воды, ни погоды. Поверхность ее покрыта горами, кратерами, морями затвердевшей лавы и слоями пыли. Возможно, в следующем столетии мы построим космические станции для научной работы на Луне.

Земля — единственная планета внутренней Солнечной системы, имеющая большую луну. Масса Земли в 81 раз больше массы Луны, а радиус — почти в четыре раза больше лунного. Пара Земля — Луна удерживается вместе силой тяготения. На лунной поверхности сила тяготения в шесть раз меньше, чем на Земле, поскольку Луна имеет значительно меньшую массу. Сила тяготения настолько слаба, что весь воздух и вся вода, которые были на Луне, улетучились в космос.

Луна постоянно обращена к Земле одной и той же своей стороной. Правда, она немного колеблется, поэтому с Земли иногда можно видеть дополнительные участки поверхности Луны; в результате наблюдают почти три пятых лунного глобуса. Слабые колебания в движении Луны, которые называются либрацией, позволяют нам видеть в течение месяца немного больше половины Луны. Фотографии, сделанные с космического корабля, летавшего по орбите вокруг Луны, показали, что обратная сторона Луны в основном покрыта горами.



◁ Это изображение Луны скомпоновано из двух фотографий, каждая из которых была сделана, когда с Земли была видна лишь половина лунного диска. На ней видны многочисленные детали, поскольку Солнце освещало кратеры и горы под некоторым углом, образуя длинные тени. На фотографии, сделанной в полнолуние, всегда значительно меньше теней, подчеркивающих детали лунной поверхности.



▷ Воспользуйся этой картой Луны для определения ее обширных темных участков — «морей» — и самых светлых — кратеров, от которых расходятся лучи. Если будешь смотреть на Луну в телескоп, не забудь, что ее изображение окажется перевернутым.

Посмотри на Луну

Чтобы начать наблюдать Луну, не нужны никакие инструменты. Постарайся смотреть на Луну около месяца и отмечай изменение ее фаз. В течение нескольких дней около новолуния ты, вероятно, вообще не сможешь увидеть Луну. Нетрудно заметить, что Луна всегда обращена к Земле одной и той же стороной и что на ней имеются светлые участки, горы, а также более темные области.

Воспользовавшись биноклем при наблюдении Луны, ты сможешь увидеть очень многое. Ты сразу же заметишь темные, почти плоские участки, которые называются «морями» (по-латыни maria) — так их назвал Галилей, находивший в них сходство с земными морями. Моря представляют собой огромные равнины, покрытые лавой, вытекшей из недр Луны давным-давно. Ты увидишь также несколько больших кратеров, образовавшихся миллиарды лет тому назад, когда громадные астероиды обрушились на Луну. Вдоль границы между освещенной Солнцем частью Луны и частью, погруженной во тьму, можно иногда заметить некоторый намек на зубчатые очертания гор.

То, что предстанет перед твоими глазами, будет очень напоминать те картины, которые так восхитили Галилея, когда в 1610 г. он направил телескоп на Луну.

Чтобы подробнее разглядеть лунные ландшафты, тебе необходимо воспользоваться небольшим телескопом. От самых больших кратеров отходят лучи из светлого вещества; они простираются, как спицы, во все стороны, и некоторые из них тянутся почти на четверть окружности Луны. У некоторых из кратеров в самом центре возвышается небольшая горка. Кроме больших, видны еще сотни кратеров поменьше.

Понаблюдав Луну около недели, ты заметишь, что тени от гор и кратеров изменились в размере.

Поверхность Луны

Атмосферы на Луне нет. Небо над Луной всегда черное, даже среди дня, потому что для рассеивания солнечного света и образования голубого неба, как на Земле, необходим воздух, который там отсутствует. Звуковые волны в вакууме не распространяются, так что на Луне царит полная тишина. Погоды тоже нет; дождь, реки и лед не формируют лунного ландшафта, как это происходит на нашей планете. В дневное время температура лунной поверхности под прямыми лучами Солнца поднимается значительно выше точки кипения воды. Чтобы защититься от невыносимой жары, люди, прибывающие на Луну для проведения исследований, носят специальные космические костюмы, внутри которых находится воздух и поддерживаются привычные для человека физические параметры. А по ночам температура на Луне падает до 150°С ниже точки замерзания воды.

ЛУНА В ЦИФРАХ

Масса: 0,0123 массы Земли, $7{,}35\times10^{22}$ кг
Диаметр: 0,273 диаметра Земли, 3476 км
Плотность: 3,342 г/см^3
Сила тяготения на поверхности: 0,1653 силы тяготения на поверхности Земли.



▽ Участок лунной поверхности, сфотографированный с Земли. Солнце стоит очень низко в лунном небе, и резкий контраст между светом и тенью подчеркивает форму кратеров.



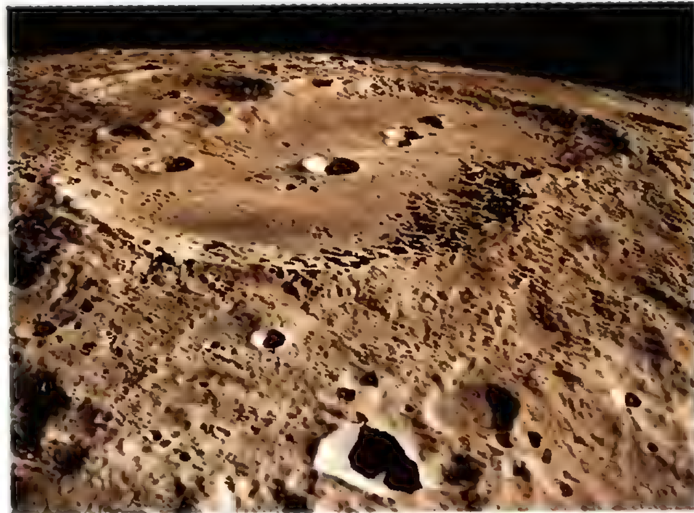
▷ Американский астронавт Харрисон Шмитт с корабля «Аполлон-17» берет пробы лунного грунта специальным инструментом во время высадки на Луну в декабре 1972 г.

Исследование Луны

В 1959 г. российский космический корабль совершил первый полет вокруг Луны и передал на Землю не очень четкие снимки ее обратной стороны. Ровно 10 лет спустя американские ученые впервые произвели посадку корабля на поверхность Луны. Всего между 1969 и 1972 гг. на Луне побывало шесть экипажей космических кораблей «Аполлон». Они поставили там ряд экспериментов и привезли на Землю 385 кг лунных камней и пыли.

В годы, предшествующие полетам по программе «Аполлон», к Луне запускались космические корабли, летавшие по орбите вокруг нее и делавшие очень детальные снимки, чтобы выбрать подходящее место для посадки корабля. Роботы провели испытания лунной поверхности на твердость, поскольку ряд ученых был убежден, что Луна покрыта толстым слоем пыли. В действительности же корабль, совершивший посадку, опустился в грунт всего на несколько сантиметров, доказав этим, что по Луне можно ходить, не погружаясь в пыль. Во время первых посадок на Луну астронавты передвигались пешком, не удаляясь далеко от корабля. В дальнейшем был использован вездеход, причем астронавты оставались на Луне несколько дней. Во время научных экспериментов было использовано несколько приборов для измерения силы лунных землетрясений (точнее, лунотрясений). Изучалось также вещество, принесенное с Солнца, а также тепловые потоки, идущие от Луны.

Изучение лунных камней продолжалось более 20 лет; в результате было получено огромное количество информации относительно происхождения и истории Луны. Все камни оказались состоящими из застывшей лавы. Темные породы, обнаруженные на территории морей, похожи на земные базальты. Многие были раздроблены во время метеоритных взрывов, а затем снова соединены силой давления. Ни один камень никогда не подвергался действию воды, и не содержал никаких органических остатков. Луна — абсолютно бесплодное место.



◁ Этот большой кратер, расположенный на обратной стороне Луны, в 1970 г. назван в честь американского физика Ван де Граафа его именем. Фотография сделана «Аполлоном-17». Ширина этого кратера — 243 км.



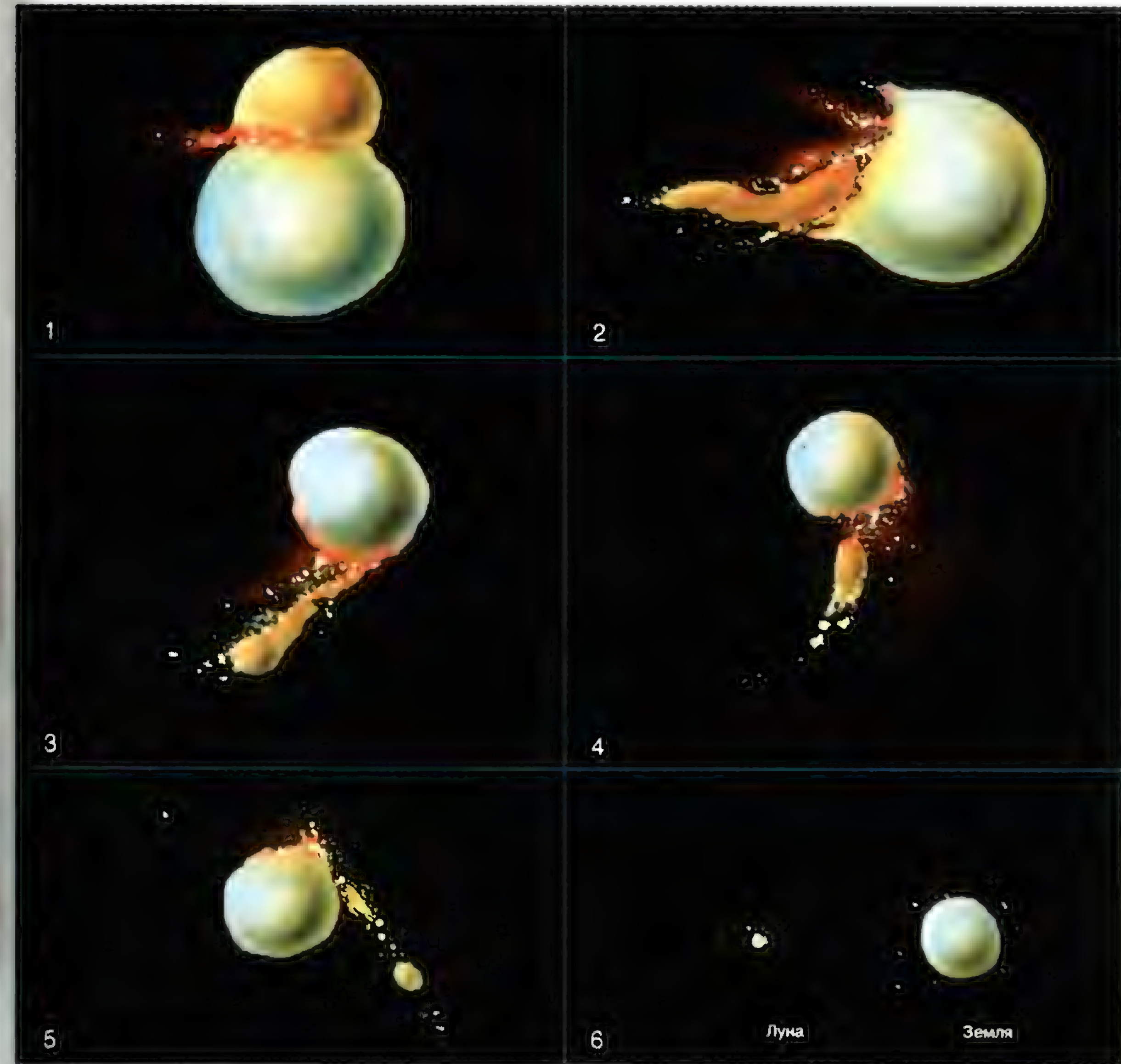
▷ Во время каждого полета на Луну по программе «Аполлон» один из астронавтов оставался на орбите вокруг Луны в орбитальном модуле, пока двое других совершали посадку на поверхность в лунном модуле. На снимке изображен орбитальный модуль «Аполлона-16» над обратной стороной Луны.

Возраст Луны

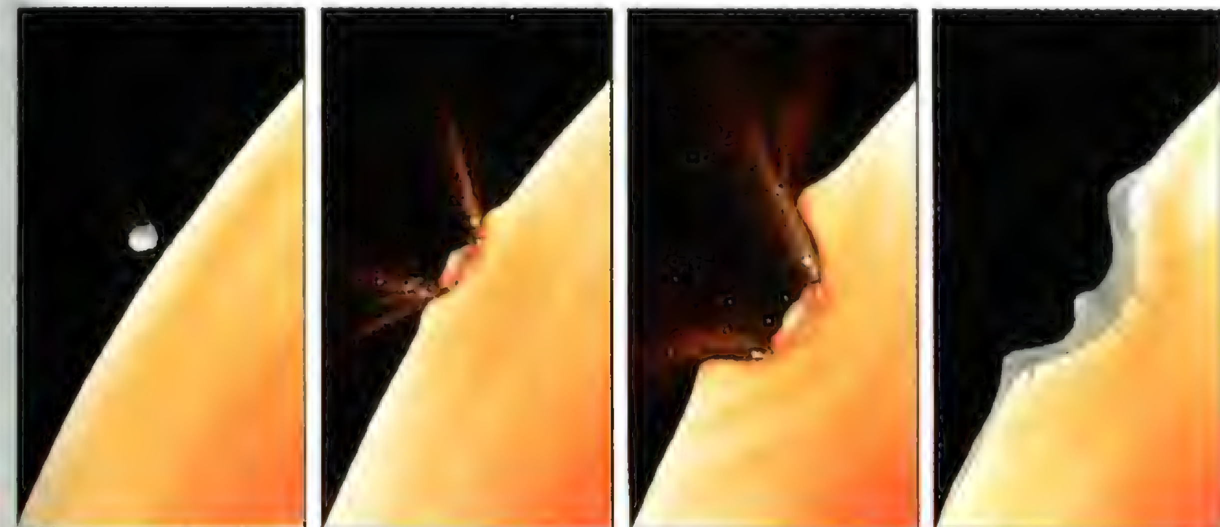
Изучая радиоактивные вещества, содержащиеся в лунных породах, ученые сумели вычислить возраст Луны. Например, уран медленно превращается в свинец. В кусочке урана-238 половина атомов превращается в атомы свинца за 4,5 млрд лет. Таким образом, измерив пропорцию урана и свинца, содержащихся в породе, можно вычислить ее возраст: чем больше свинца, тем она старше. Камни на Луне стали твердыми около 4,4 млрд лет назад. Луна сформировалась, по-видимому, незадолго до этого; ее наиболее вероятный возраст — около 4,65 млрд лет. Это согласуется с возрастом метеоритов, а также с оценками возраста Солнца. До выполнения программы «Аполлон» о возрасте Луны можно было только гадать.

Лавовые потоки и сокрушительные удары

Наиболее древние камни на Луне находятся в горных районах. Возраст пород, взятых из морей застывшей лавы, значительно меньше. Когда Луна была совсем молодой, ее наружный слой был жидким из-за очень высокой температуры. По мере того как Луна остывала, формировался ее наружный покров, или кора, части которой находятся теперь в горных районах. В последующие полмиллиарда лет лунная кора подвергалась беспрерывной бомбардировке астероидами, то есть маленькими планетами, и гигантскими камнями, возникшими при формировании Солнечной системы. После самых сильных ударов на поверхности оставались громадные вмятины, постепенно превращавшиеся в моря. Подобной же бомбардировке подвергались и планеты, но на Земле почти все следы этих катаклизмов исчезли благодаря эрозии. По мере того как наружные слои Луны продолжали остывать, внутренние ее области под воздействием радиоактивности разогревались. В промежутках между 4,2 и 3,1 млрд лет тому назад лава вытекала через отверстия в коре, затопляя круговые бассейны, оставшиеся на поверхности после ударов колоссальной силы. Лава была совершенно жидкой и, затопляя обширные плоские территории, создавала лунные моря. Так что Галилей был отчасти прав, когда назвал эти участки Луны «морями», поскольку они представляют собой затвердевшие океаны породы, которая когда-то была жидкой. Истечение лавы продолжалось около миллиарда лет. Мы узнали об этом благодаря изучению возраста лунных камней.



◁ Эти иллюстрации объясняют, откуда у Земли мог взяться ее спутник — Луна. Ученые вычислили с помощью компьютеров, что могло бы произойти, если бы планета размером с Марс врезалась в боковую часть Земли вскоре после ее образования. Длинная вереница каменистых осколков протянулась бы за Землей, как хвост, а обломки, содержащие железо, упали бы на Землю и проникли внутрь планеты. Затем составные части каменистого хвоста объединились бы, образовав Луну.



◁ Большая часть лунных кратеров возникла, когда куски твердой породы на высокой скорости обрушивались из космоса на поверхность Луны. Во взрыве, который происходит при ударе, упавшее тело вспыхивает, а в грунте выбивается глубокая круглая впадина. От взрыва фрагменты породы разлетаются во все стороны. Часть из них падает обратно в кратер, а часть — рядом с ним.

Около двух миллиардов лет назад вулканическая деятельность на Луне подошла к завершению. Наружные слои породы стали достаточно мощными, чтобы выдерживать напор лавы, не выпуская ее на поверхность. С этих пор все изменения поверхности Луны происходили только за счет ударов падающих на нее тел. Кратеры большого размера с отходящими в стороны лучами — это результат очень сильных ударов, от которых возникали взрывы; обломки породы разносились радиально на сотни километров. Столкновения с более мелкими кусками породы приводили к разламыванию поверхности, к выбиванию в ней кратеров меньшей величины.

Внутри Луны

Астронавты установили сейсмометры в четырех точках Луны. Эти приборы фиксируют очень слабые лунотрясения, не идущие ни в какое сравнение с нашими землетрясениями. Наблюдая в разных местах вибрации, вызванные одним и тем же лунотрясением, ученые могут сделать выводы о внутренней структуре Луны. Характер распространения волн лунотрясения показывает, что лунная кора имеет толщину от 60 до 100 км. Под ней лежит слой холодной, плотной породы толщиной в 1000 км. И, наконец, в глубине находится горячее ядро, отчасти расплавленное. Однако, в отличие от ядра Земли, оно почти не содержит железа, поэтому у Луны нет магнитного поля.

Откуда взялась Луна?

Прежде чем ученые увидели лунные камни, у них имелись три теории происхождения Луны, но не было возможности доказать правильность какой-либо из них. Одни считали, что новообразованная Земля вращалась настолько быстро, что сбросила с себя часть вещества, ставшую затем Луной. Другие предполагали, что Луна прилетела из глубин космоса и была захвачена силой земного тяготения. Третья теория состояла в том, что Земля и Луна образовались независимо, почти одновременно и примерно на одинаковом расстоянии от Солнца. Различия в химическом составе Земли и Луны указывают на то, что эти небесные тела вряд ли когда-либо составляли одно целое.

Не так давно возникла четвертая теория, которая и принята сейчас как наиболее правдоподобная. Эта гипотеза гигантского столкновения. Основная идея состоит в том, что, когда планеты, которые мы видим теперь, только еще формировались, некое небесное тело величиной с Марс с огромной силой врезалось в молодую Землю под скользящим углом. При этом более легкие вещества наружных слоев Земли должны были бы оторваться от нее и разлететься в пространстве, образовав вокруг Земли кольцо из обломков, в то время как ядро Земли, состоящее из железа, сохранилось бы в целости. В конце концов это кольцо из обломков слилось, образовав Луну. Теория гигантского столкновения объясняет, почему Земля содержит большое количество железа, а на Луне его почти нет. Кроме того, из вещества, которое должно было превратиться в Луну, в результате этого столкновения выделилось много различных газов — в частности кислород.

Возвращение на Луну

Загрязнение природной среды на Земле делает все более трудным наблюдение неба. Свет, исходящий от больших городов, дым и вулканические извержения загрязняют небо, а телевизионные станции создают помехи для радиоастрономии. К тому же с Земли нельзя производить наблюдения инфракрасного, ультрафиолетового и рентгеновского излучений. Следующим важным шагом в изучении Вселенной могло бы быть создание научного поселения на Луне.

Во многих отношениях Луна была бы идеальным местом для обсерватории. Для проведения наблюдений за пределами атмосферы сейчас используются телескопы, летающие по орбите вокруг Земли, такие, как космический телескоп «Хаббл»; но телескопы на Луне намного превосходили бы их во всех отношениях. Приборы, находящиеся на обратной стороне Луны, защищены от отраженного Землей света, а медленное вращение Луны вокруг оси означает, что лунные ночи длятся в течение 14 наших суток. Это позволило бы астрономам вести непрерывные наблюдения какой-либо звезды или галактики значительно дольше, чем это возможно сейчас.

Особенно трудно проводить на Земле исследования, относящиеся к нейтринной астрономии и изучению гравитационных волн. Нейтрино — это мельчайшие частицы, испускаемые Солнцем и звездами. Гравитационные волны могут создаваться двумя черными дырами, вращающимися по взаимным орбитам, или же взрывами в центрах галактик. Луна могла бы стать прекрасной площадкой для проведения самых сложных наблюдений по всем разделам астрономии. Поэтому астрономы, скорее всего, станут первыми учеными, которые вернутся на Луну.

Лунные ресурсы

Луна могла бы стать базовой станцией для исследований космоса за пределами ее орбиты. Благодаря небольшой силе лунного тяготения, запуск огромной космической станции с Луны был бы в 20 раз легче и дешевле, чем с Земли. Вода и газы, пригодные для дыхания, могли бы производиться на Луне, поскольку в лунных породах содержится водород и кислород. Богатые запасы алюминия, железа и кремния явились бы источником строительных материалов.

Лунная база была бы очень важна для дальнейших поисков ценного сырья, имеющегося на Луне, для решения различных инженерных задач и для космических исследований, проводимых в условиях Луны.

Роботы в астрономии

В 1994 г. по программе «Клементина» на орбиту вокруг Луны был запущен небольшой спутник. Это первый шаг по возобновлению исследований Луны после 20-летнего перерыва. Следующая стадия, видимо, будет включать строительство автоматических обсерваторий с работающими на них роботами. Астрономы уже накопили большой опыт по управлению телескопами в космосе. Полеты на Луну без участия человека станут началом исследования и использования Луны.

Лунные обсерватории будут располагаться на обратной стороне Луны, поэтому на лунную орбиту будут запущены спутники, чтобы принимать сигналы и передавать их на Землю. Потребуются телескопы, способные работать без вмешательства операторов и при экстремальных температурах. Одна из идей, которую разрабатывают в университете Аризоны (США), — создание стационарного телескопа почти без подвижных деталей. Благодаря медленному осевому вращению Луны и ее орбитальному движению вокруг Земли, направление обзора такого телескопа будет постепенно меняться с продолжительностью цикла в 18,6 лет. С течением времени этот телескоп сможет изучить миллионы звезд и галактик.

На Луне можно также построить большие радиотелескопы. Это впервые даст возможность принимать идущие из Вселенной радиоволны очень большой длины. Сопоставление и объединение данных, полученных от телескопов, расположенных на Земле и на Луне, позволит ученым заглянуть в центральную часть наиболее мощных галактик Вселенной.



◁ Когда-нибудь в будущем на Луне могут быть построены астрономические обсерватории. Вот так может выглядеть станция по наблюдению Солнца с Луны. В начале 1994 г. по программе «Клементина» впервые была создана карта всей Луны целиком, на основе серии из 3 миллионов фотографий. Эти снимки были использованы для построения геологических карт Луны, по которым будут определены места будущих исследований и разработок.

ИССЛЕДОВАНИЯ ЛУНЫ

1609	Первые рисунки Томаса Харриота.
1837	Построены подробные карты.
1840	Дж. У. Дрейпер фотографирует Луну.
1946	С Луны получены отраженные радиолокационные сигналы.
1959	2 января. Первый полет лунного зонда вблизи Луны.
1959	13 сентября. Лунный зонд впервые падает на Луну.
1966	31 января. Российский корабль «Луна-9» совершает успешную посадку.
1968	Декабрь. Астронавты корабля «Аполлон-8» совершают полет вокруг Луны.
1969	20 июля. Нейл Армстронг и Эдвин Олдрин высаживаются на Луну и возвращаются с первыми лунными камнями.
1972	11 декабря. Последний полет на Луну по программе «Аполлон».
1994	По программе «Клементина» сделано и передано на Землю 3 миллиона фотографий Луны.

Марс



Марс — планета, похожая на Землю, но меньше по величине и холоднее. На Марсе имеются глубокие каньоны, гигантские вулканы и обширные пустыни. Вокруг Красной планеты, как еще называют Марс, летают две небольшие луны.

Поверхность Марса, подобно поверхности Земли, изменялась под действием погодных факторов, воды и льда. В этом ныне сухом мире когда-то текли реки. Над пустынным ландшафтом громоздятся колоссальные вулканы, самые большие во всей Солнечной системе. В тех местах, где поверхность дала трещины, расстилаются широкие долины. Как и на Луне, на Марсе имеется множество кратеров. Эти очертания поверхности сформировались в древние времена, около 3,8 млрд лет назад, когда поверхность лун и планет подвергалась бомбардировке метеоритами.

Марс — это следующая за Землей планета, если считать от Солнца, и единственный, кроме Луны, космический мир, которого уже можно достичь при помощи современных ракет. Для астронавтов это путешествие длиной в 4 г. могло бы явиться следующим рубежом в исследовании космического пространства — рубежом, который будет преодолен в XXI в. На первой стадии выполнения этой международной программы на поверхности Марса, возможно, без участия человека будут построены станции наблюдения. Если бы ты оказался на Марсе, твой вес составил бы всего две пятых того, что ты весил на Земле, поскольку сила тяготения на Марсе слабее земной. Ты обнаружил бы, что Красная планета имеет тонкий слой разреженной атмосферы, состоящей в основном из углекислого газа с чуть заметной примесью кислорода и воды. Хотя атмосфера Марса не губительна для человека, понадобится специальное оборудование, чтобы выделить из нее достаточное для дыхания количество кислорода.

Марс проходит по своей орбите вокруг Солнца за два наших года. Времена года на Марсе очень похожи на земные. В зимние периоды астрономы наблюдают ледяные шапки, образующиеся в северном и южном полушариях. А летом теплые ветры поднимают сильнейшие пыльные бури по всей планете.

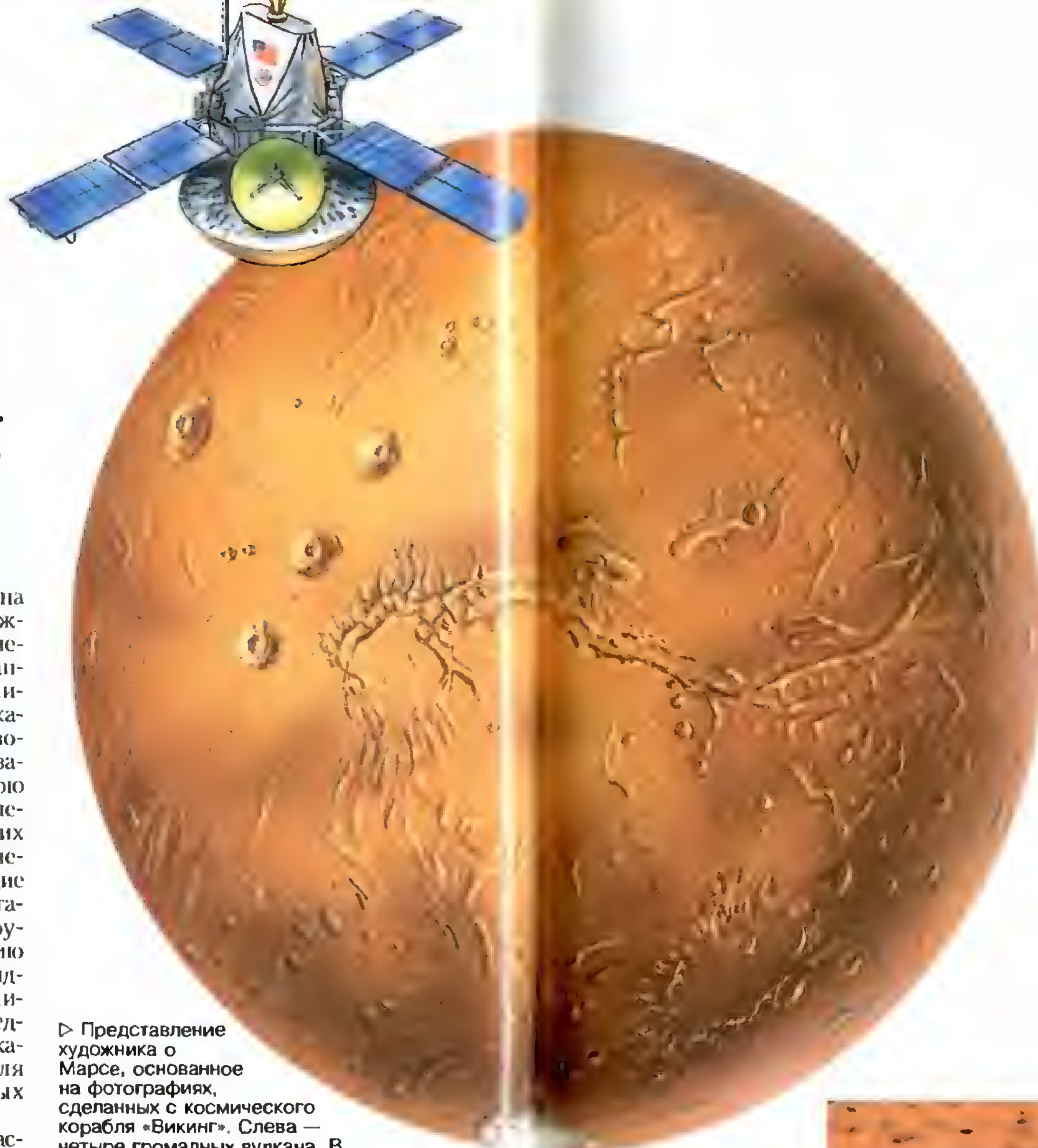
Есть ли жизнь на Марсе?

Отчасти Марс похож на Землю, но на нем значительно холоднее. Возможность жизни на Марсе давно уже пленяла воображение людей. В 1897 г. английский писатель Г. Дж. Уэллс написал роман «Война миров», где высказывалось предположение о существовании марсиан и о возможности захвата ими Земли. Уэллс написал свою книгу под впечатлением созданных несколькими астрономами схематических карт Марса, на которых четко прослеживались прямые линии, пересекающие всю планету. В 1890-х гг. во Флагстафе, Аризона (США), Персиваль Лоуэлл (1855 — 1916) создал целую серию рисунков Марса, на которых были видны многочисленные тонкие прямые линии. В то время высказывалось предположение, что эти линии являются каналами, которые используются для транспортировки воды из полярных областей в засушливые пустыни!

Некоторые из наиболее простых растительных и животных организмов Земли могли бы выдерживать колебания температуры на Марсе. Летом в полдень на экваторе температура поверхности может подниматься немного выше точки замерзания воды. Однако большую часть времени температура поверхности значительно ниже нуля, и тем не менее климат там не намного более суров, чем на Аляске или в Антарктиде. В тонком слое атмосферы Марса содержится много углекислого газа, немного азота и совсем незначительное количество воды и кислорода. Сходство состава атмосфер Марса и Земли дало некоторым ученым основание полагать, что на Марсе могут существовать примитивные формы жизни.

Космические корабли на Марсе

Научно-фантастические описания Марса как планеты, населенной высокоразвитыми организмами, в 1960-х гг. утратили всякую правдоподобность. Американский космический зонд «Маринер-4» сделал первые четкие снимки планеты крупным планом. На них мы видим безжизненный мир, испещренный кратерами. В 1975 г. ученые США запустили два космических корабля «Викинг». Каждый из них нес и орбитальный, и посадочный комплексы, которые сфотографировали Марс во всех деталях. Почти все, что мы теперь знаем о Марсе, получено во время этих исследований, продолжавшихся более четырех лет. Камеры посадочных комплексов «Викингов» не обнаружили никаких признаков растений или животных, а в ходе химических экспериментов не удалось найти тех видов молекул, которые имеют отношение к жизни. Однако, хотя в настоящее время Марс считается почти наверняка безжизненным миром, без дальнейших исследований мы не можем с уверенностью утверждать, что там и прежде никогда не существовало примитивных форм жизни.



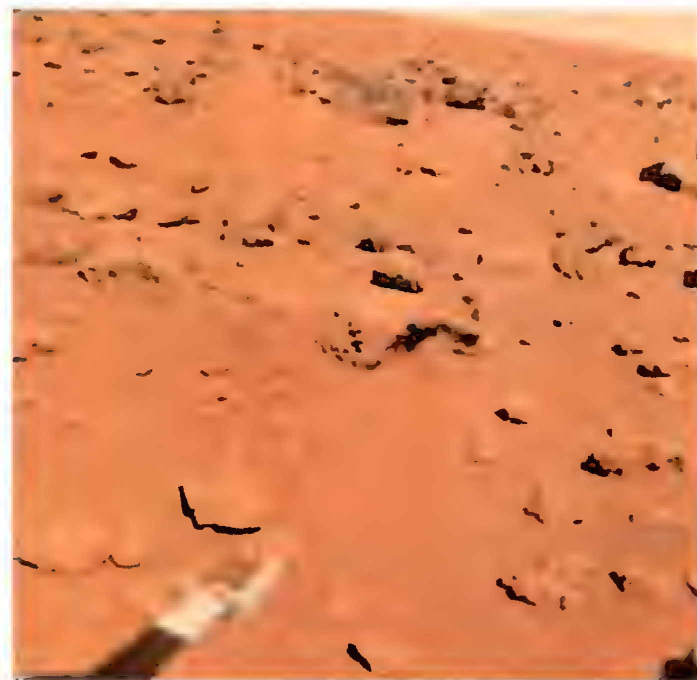
▷ Представление художника о Марсе, основанное на фотографиях, сделанных с космического корабля «Викинг». Слева — четыре громадных вулкана. В центре расположена грандиозная Долина Маринер. Длина ее такова, что она могла бы пройти через всю Австралию или США.



◁ Изображение Марса, нарисованное сто лет тому назад Персивалем Лоуэллом, работавшим во Флагстафе, Аризона (США). Длинные тонкие линии — характерная черта изображений Марса, которые создавались в конце XIX в. Впервые об этих линиях сообщил итальянский астроном Джованни Скиапарелли, назвавший их «каналами». К концу XIX в. Лоуэлл сообщал уже о 160 марсианских каналах, почти все из которых оказались иллюзией.

МАРС В ЦИФРАХ

Масса: 0,107 массы Земли, то есть $6{,}4\times10^{23}$ кг.
Диаметр: 0,53 диаметра Земли, то есть 6670 км.
Плотность: 3,95 г/см³.
Температура поверхности: −23°С на большей части поверхности, −150°С на полюсах, 0°С на экваторе.
Период обращения относительно звезд (продолжительность суток): 24,6229 часа.
Расстояние от Солнца (в среднем): 1,5237 а. е. (228 млн км).
Период обращения по орбите (год): 687 дней.



Место приземления посадочного комплекса корабля «Викинг». Между острыми камнями лежит тонкая пыль. Порода красного цвета богата железом. «Викинг» собрал для химического анализа пыль и грунт, чтобы проверить, есть ли на Марсе хоть какие-нибудь следы жизни.

КЕПЛЕР И МАРС

Иоганн Кеплер считал, что орбита Марса является ключом к некоторым тайнам Солнечной системы. До Кеплера астрономы полагали, что небесные тела движутся в пространстве по окружностям. С этими представлениями особенно трудно было объяснить неравномерное движение Марса. В конце концов Кеплер сумел понять закон движения Марса, использовав вместо окружности эллипс. Это привело его к открытию трех законов планетарного движения, которые объясняют принципы движения всех планет (см. с. 40).

Гигантские вулканы

Изучив фотографии, сделанные «Викингами», ученые смогли многое узнать о геологической структуре и истории Марса. Почти 5 миллиардов лет назад, когда возникла Солнечная система, Марс, по всей вероятности, был похож на Луну и Меркурий. В течение первого миллиарда лет Марс и другие планеты подвергались частым ударам метеоритов, оставлявших на их поверхности бесчисленные кратеры.

Когда планеты сформировались, они были значительно более горячими, чем теперь. Марс остыл гораздо быстрее Земли, поскольку он меньше. Нам известно, что в прошлом Марс был достаточно горячим для того, чтобы содержать внутри себя жидкую породу — об этом свидетельствуют многочисленные вулканы.

Вблизи экватора Марса, в районе, называемом Тарсис, расположены вулканы колоссальных размеров. Тарсис — название, которое астрономы дали возвышенности, имеющей 400 км в ширину и около 10 км в высоту. На этом плато расположено четыре вулкана, каждый из которых — просто гигант в сравнении с любым земным вулканом. Такие вулканы называют щитовыми, и состоят они из вытекшей некогда лавы, которая распространилась во все стороны, прежде чем остыть и затвердеть. В результате форма вулканов Тарсиса напоминает скорее лепешки, чем конусы.

Самый грандиозный вулкан Тарсиса, Гора Олимп, возвышается над окружающей местностью на 27 км. У его основания есть скалы высотой 6 км. Лава и осколки породы, осыпавшиеся с Олимпа, покрывают территорию размером с Южную Англию или штат Аризона в США. На вершине этой горы группа обрушившихся кратеров образовала провал, по площади равный городу Лос-Анджелес в США.



◁ Изображение вулкана Гора Олимп, созданное компьютером в условных цветах с использованием многих фотографий. У подножья этого вулкана, втрое превышающего по высоте гору Эверест, имеются огромные скалы.



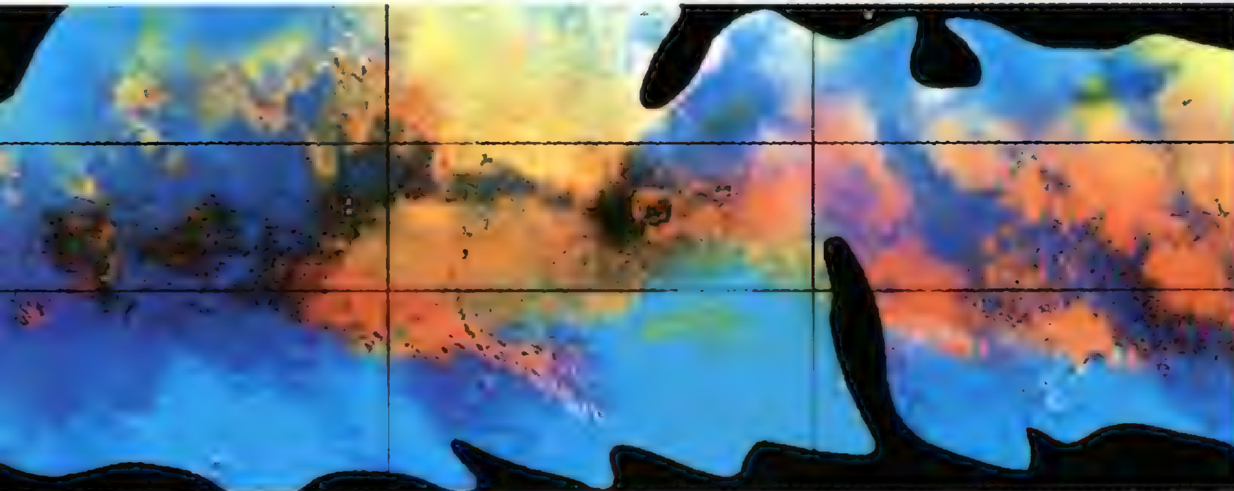
◁ Край одного из кратеров, как он был виден с места посадки «Викинга». Желтое зарево в небе — это свет, отраженный тучами пыли, поднятой с поверхности сильным ветром.

На Земле самые высокие щитовые вулканы находятся на Гавайях, где извергающаяся из недр лава образовала целую группу островов. На Марсе же гигантский вулкан все рос и рос на одном и том же месте до тех пор, пока расплавленная лава продолжала вытекать из его жерла.

Около двух третей поверхности Марса представляет собой горную местность с большим количеством кратеров, возникших от ударов и окруженных обломками твердых пород. В этих районах нередко встречаются разветвляющиеся долины и осыпи. Когда-то давно поверхностный слой Марса, по всей видимости, был довольно влажным, а в долинах даже имеются следы водной эрозии.

Глубокие долины и каньоны

Вблизи вулканов Тарсиса змеится обширная система каньонов длиной около четверти экватора. Долина Маринер имеет ширину 600 км, а глубина ее



◁ Созданная компьютером карта, показывающая химический состав марсианской поверхности. В местах, окрашенных красным цветом, находятся породы с повышенным содержанием окислов железа. Темно-синие области — вулканические породы. Оранжевым и желтым обозначены районы песка и пыли. Светло-бирюзовый цвет указывает области морозного климата.



▷ Часть Долины Маринер — на этом отрезке она имеет 100 км в ширину и 8 км в глубину. Эта гигантская впадина — результат геологического сброса. На крутых склонах видны оползни и овраги, размытые водой.



△ Северный полюс Марса при наблюдении в большой телескоп. Виден замерзший углекислый газ — сухой лед.

такова, что гора Эверест целиком опустилась бы на ее дно. Отвесные скалы высятся на тысячи метров, от дна долины до плато наверху. Глубокие, ветвящиеся ущелья когда-то были прорезаны потоками воды, протекавшими по плато и низвергавшимися в виде водопадов в долину. Глыбы, на которых мог бы разместиться крупный город, обрушивались в долину во время грандиозных обвалов.

В древние времена на Марсе было много воды, по поверхности этой планеты текли большие реки.

Отвесные стены Долины Маринер говорят о том, что весь этот район представляет собой гигантскую трещину или разлом в коре планеты. Подобные долины есть и на Земле — например, Рифтовая долина в Восточной Африке, но масштабы наших долин не идут ни в какое сравнение с марсианскими.

Вдали от вулканов и глубоких долин пейзаж переходит в равнину с разбросанными там и сям грудами осколков породы. В этом районе мощные лавовые потоки и гигантские разломы покорежили кору Марса и образовали местность, усыпанную валунами; наверное, они станут немалым препятствием для автоматических средств передвижения при исследовании Марса в будущем столетии. Надо будет так сконструировать эти машины, чтобы они не опрокидывались, наезжая одним колесом на большой камень.

Куда девалась вода?

На Северном и Южном полюсах Марса лежат ледяные шапки. Но это не такой лед, что мы делаем у себя в холодильнике. Зимой Марс становится настолько холодным (−100°C), что углекислый газ, находящийся в его атмосфере, замерзает до твердого состояния, образуя так называемый сухой лед. Некоторое количество обычного водяного льда там тоже, возможно, имеется. В течение марсианского года ледяные шапки на полюсах то растут, то уменьшаются. При замерзании и оттаивании грунта возникли кольцевые образования, похожие на дюны. Разреженная атмосфера Марса содержит кристаллы водяного льда, и «Вояджер» заметил в ней редкие облака. Однако даже если бы вся атмосферная вода выпала на планету в виде дождя, она покрыла бы ее поверхность слоем всего в 0,01 мм толщиной. Облака над Землей содержат воду, которая могла бы образовать слой толщиной в несколько сантиметров.

Сегодня на Марсе нет ни рек, ни морей, но в прошлом, вероятно, их было очень много. На снимках, сделанных «Викингом», хорошо видны старые русла. Посреди широких рек, ныне сухих, имеются острова. Глубокие ущелья Долины Маринер и тонкие очертания сухих долин были некогда прорезаны текущей водой. Ученые считают, что поверхностные воды хранятся в виде захороненных в грунте ледяных глыб, особенно в полярных областях. Климатические условия, подобные тем, какие на Земле имеются в зонах тундры, на Марсе, вероятно, широко распространены.

Марс претерпел значительные климатические изменения. Атмосфера Марса богата углекислым газом, который должен был удерживать тепло, идущее от Солнца. Мощные извержения вулканов тоже могли вносить свою лепту в глобальное разогревание Марса. Многочисленные свидетельства говорят о том, что в далеком прошлом Марс был более теплой и влажной планетой, на которой, возможно, имелись условия для возникновения жизни. Однако сегодня на Марсе температура повсюду ниже точки замерзания воды.

Пыльные бури

Поверхность Марса представляет собой каменистую пустыню. Лежащие повсюду каменные глыбы — это куски вулканических пород, отколотые от основного массива во время землетрясений и извержений вулканов, а также в результате падения метеоритов на марсианскую поверхность.

Между камнями лежит тончайший песок. Некоторые песчинки так малы, что их можно увидеть только в микроскоп. Это больше похоже на тонкую пыль, чем на тот песок, что мы привыкли видеть на наших земных побережьях.

Несмотря на то что слой атмосферы тонок, марсианские ветры легко поднимают обширные пыльные бури. Розоватое зарево в небе Марса — настоящее, оно создается несущимися в атмосфере пыльными вихрями. Раз в два года Марс максимально приближается к Солнцу и при этом немного нагревается. В это время, когда планета находится в перигелии, она целиком может быть окутана пыльными бурями, так что с Земли невозможно разглядеть никаких деталей. Именно это и произошло в 1976 г., когда «Викинг» приблизился к Марсу.

Астрономы XIX в. заметили, что в течение года цвет Марса меняется. Некоторые решили, что причиной тому — рост растений во время марсианского лета. Теперь нам известно, что все дело в пыльных бурях, когда масса песка вздымается вверх и несется, кружась, по планете. Закрывая и открывая более темные области твердых пород, бури приводят к тем изменениям цвета, которые мы наблюдаем в свои телескопы.

Полеты к Марсу

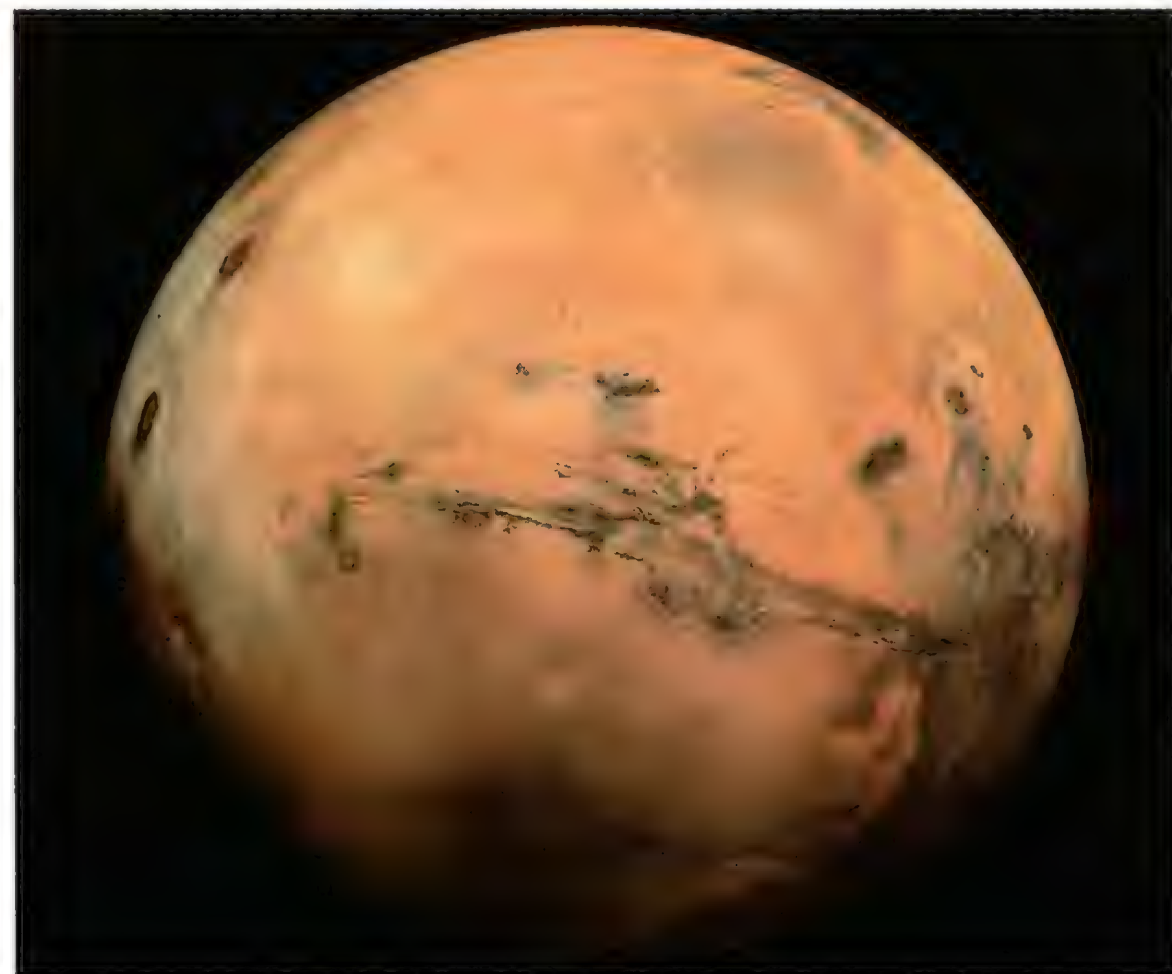
Всего к Марсу было послано 25 космических кораблей. Некоторые из них вышли из строя и не смогли выполнить свою работу. Полеты «Викингов» в 1970-х гг. явились большим достижением, однако неудача с кораблем «Марс Обзервер» отбросила ход исследований назад.

Если в прошлом на Марсе была жизнь, то в марсианских породах могут обнаружиться очень мелкие окаменелости. Ученые надеются к концу столетия использовать роботов для доставки на Землю марсианских камней. НАСА уже разработала устройства, которые могли бы передвигаться по Марсу под контролем с Земли. Существуют даже отдаленные планы послать на Марс ученых. Эта программа должна быть, конечно, международной. Однако она обойдется недешево и к тому же будет довольно рискованной.

Фобос и Деймос

У Марса есть две маленькие луны, Фобос и Деймос, открытые в 1877 г. Их нелегко увидеть даже в большой телескоп. Диаметр Фобоса всего 23 км, а Деймоса — 16 км. На этих спутниках Марса имеется несколько кратеров. Возможно, Фобос и Деймос являются астероидами, захваченными полем тяготения Марса, а не лунами, которые когда-то образовались вблизи планеты. Поверхность у них темная, как у всех астероидов, и по плотности они тоже близки к ним. Оба спутника выглядят как большие куски каменистой породы; возможно, они образовались на ранней стадии существования Солнечной системы — может быть, даже раньше, чем большие планеты.

Эти маленькие луны не совсем круглые. Для этого есть две причины. Во-первых, они, возможно, представляют собой фрагменты, отколовшиеся при столкновении более крупных небесных тел. Во-вторых, ввиду столь небольших размеров этих лун, их собственная сила тяготения слишком мала, чтобы сжать их до более круглой формы.



◁ Изображение Марса, созданное компьютером с использованием 102 отдельных фотографий, сделанных космическим кораблем «Викинг». В центре Марса видна вся Долина Маринер, длина которой около 3000 км, а глубина — почти 8 км. Слева от этой долины расположены три гигантских вулкана, которые на снимке имеют вид круглых темных пятен.



◁ Две луны Марса. Деймос (выше) и Фобос (ниже)

БЛИЖАЙШИЕ ПРОТИВОСТОЯНИЯ МАРСА

Даты следующих приближений Марса к Земле, или противостояний:

12 февраля 1995 г.	17 марта 1997 г.	24 апреля 1999 г.
12 июня 2001 г.	1 августа 2003 г.	

ВАЖНЫЕ ОТКРЫТИЯ

1605 Иоганн Кеплер доказывает, что орбита Марса является эллипсом, в одном из фокусов которого находится Солнце.

1636 Появляются первые рисунки с изображением поверхности Марса в астрономической книге.

1656–1659 Наблюдения дают возможность определить характерные черты поверхности и установить, что период обращения Марса вокруг оси равен примерно 24 ч.

1666 Кассини более точно измеряет период обращения Марса вокруг оси, результат равен примерно 24 ч 40 мин.

1704 Обнаружены полярные шапки.

1777–1783 Уильям Гершель делает предположение, что полярные шапки представляют собой толстые слои льда и снега.

1837 Первые подробные карты.

1877 Открыты Фобос и Деймос.

1877 Джованни Скиапарелли описывает сеть из примерно 40 четких линий, проходящих через марсианские пустыни, и дает им название «каналов».

1894 Персиваль Лоуэлл строит обсерваторию во Флагстафе, Аризона (США), главным образом для наблюдения Марса. В течение следующих 10 лет он создает серию карт с обширной сетью каналов. Лоуэлл утверждает, что Марс обитаем, а каналы имеют искусственное происхождение.

1930 После проведения длительных наблюдений Юджин Антониади отвергает предположение о существовании каналов на Марсе.

1965 «Маринер-4» передает на Землю 21 изображение Марса, на которых видны кратеры, но нет никаких признаков каналов.

1971–1972 «Маринер-9» передает на Землю 7329 фотографий Марса.

1976 20 июля «Викинг-1» совершает посадку на Марс, а вслед за ним, 3 сентября, на Марс садится «Викинг-2». Орбитальные комплексы «Викингов» в конечном счете создают подробные карты большей части поверхности Марса. Посадочные комплексы исследуют почву в местах приземления, не находя никаких признаков жизни, и посылают на Землю первые фотографии с марсианской поверхности.

ГЛЯДЯ НА МАРС

Планету Марс не так просто отыскать в ночном небе. Тебе придется набраться терпения. Наиболее благоприятные условия для этого бывают в течение четырех месяцев каждые два года, в период максимального приближения Марса к Земле — противостояния. При самых благоприятных обстоятельствах, которые возникнут не ранее августа 2003 г., Марс подходит к Земле на 56 млн км. Однако во время некоторых противостояний до этого Марс подойдет к нам на 100 млн км.

Марс — маленькая планета, поэтому при помощи бинокля много не увидишь, можно только убедиться в том, что это маленький диск, а не светящаяся точка. Чтобы разглядеть какие-то черты поверхности Марса, потребуется либо телескоп-рефлектор с апертурой не менее 200 мм, либо телескоп-рефрактор с объективом не менее 100 мм.

Сначала маленький диск Марса будет мерцать в струящейся дымке земной атмосферы. Наберись терпения! Понаблюдав минут десять, ты сможешь поймать очертания поверхности, если мерцание на несколько секунд прекратится. После некоторой практики можно разглядеть одну из полярных шапок, она будет выглядеть светлее остальной части диска, а также одно-два более темных пятна на поверхности планеты.

Если тебе удастся понаблюдать Марс в течение нескольких часов через телескоп побольше, ты увидишь вращение планеты. А если будешь наблюдать в течение нескольких недель во время противостояния Марса, то у тебя будет шанс увидеть явление пыльных бурь. Правда, такого рода длительные наблюдения требуют довольно дорогого оборудования и помощи со стороны опытного астронома-любителя.



△ Марс, сфотографированный астрономом-любителем 24 сентября 1988 г. при помощи 420-миллиметрового телескопа-рефлектора. Если ты увидишь Марс в телескоп так четко, считай, что тебе повезло. Темный участок, идущий вниз от экватора, — это Большой Сырт; во время противостояния его можно увидеть даже через маленький телескоп.

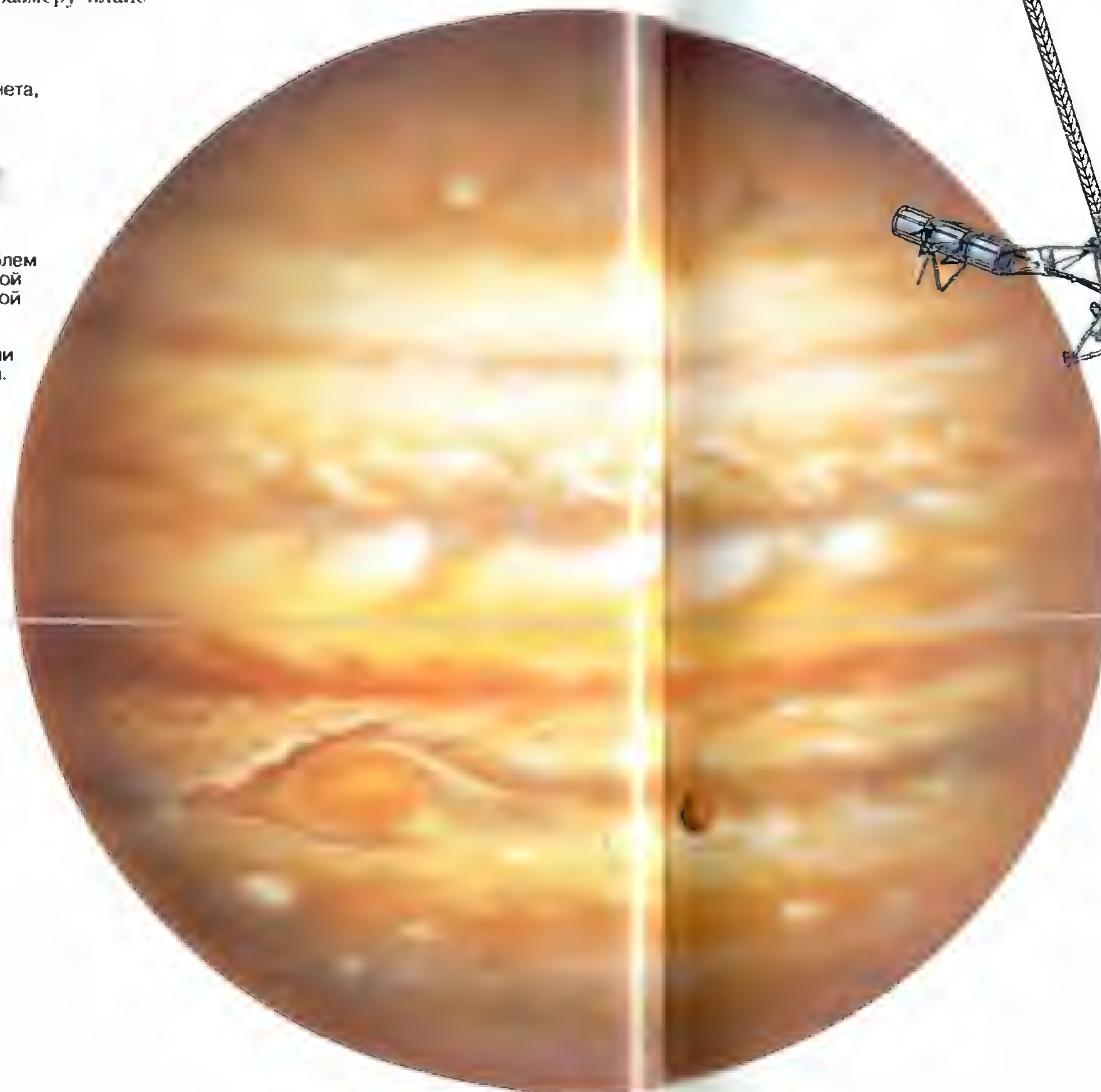
Юпитер



Юпитер – самая большая планета Солнечной системы, его диаметр в 11 раз превосходит диаметр Земли, а масса в 318 раз больше массы Земли. Путь Юпитера по орбите вокруг Солнца занимает 12 лет, при этом среднее расстояние до Солнца равно 800 млн км. Пояса облаков в атмосфере и Большое Красное пятно делают Юпитер весьма живописной планетой.

Юпитер – не твердая планета. В отличие от четырех твердых планет, ближе других расположенных к Солнцу, Юпитер представляет собой огромный газовый шар. Есть и еще три газовых гиганта, которые еще более удалены от Солнца: Сатурн, Уран и Нептун. По своему химическому составу эти газовые планеты очень похожи на Солнце и сильно отличаются от твердых внутренних планет Солнечной системы. Атмосфера Юпитера, например, на 85 процентов состоит из водорода и примерно на 14 процентов – из гелия. Хотя сквозь облака Юпитера мы не можем видеть никакой твердой, каменистой поверхности, но глубоко внутри планеты водород находится под таким давлением, что приобретает некоторые черты металла.

Юпитер вращается вокруг своей оси исключительно быстро – он делает один оборот за 10 часов. Скорость вращения настолько высока, что планета выпячивается вдоль экватора. Такое быстрое вращение является, кроме того, причиной очень сильных ветров в верхних слоях атмосферы, где облака вытягиваются длинными красочными лентами. Разные части атмосферы вращаются с несколько различными скоростями, и именно это различие порождает полосы облаков. Облака над Юпитером неоднородные, бурные, поэтому внешний вид облачных полос может измениться всего за несколько дней. В облаках Юпитера имеется, кроме того, очень большое количество вихрей и крупных пятен. Самое большое из них – так называемое Большое Красное пятно, превосходящее по своим размерам Землю. Его можно увидеть даже через небольшой телескоп. Большое Красное пятно представляет собой огромного размера бурю в атмосфере Юпитера, которую наблюдают вот уже 300 лет. По орбитам вокруг Юпитера летает не менее 16 лун. Одна из них, Ганимед, является самым большим спутником в нашей Солнечной системе; он превосходит по размеру планету Меркурий.



▷ Юпитер, гигантская планета, изображенная в своих естественных цветах по впечатлению художника, полученному от фотографий, посланных на Землю космическим кораблем «Вояджер». Ленты различной окраски представляют собой облака с кристаллами замерзшего аммиака и химическими соединениями углерода, серы и фосфора. Большое Красное пятно – это овальное облако, расположенное слева, ниже экватора.

◁ Большое Красное пятно на Юпитере – это ураган, который бушует вот уже по крайней мере 350 лет. По своим размерам он превосходит Землю. Белый овал ниже Красного пятна – это еще один вихрь.

Путешествия к Юпитеру

К Юпитеру уже было послано пять космических кораблей. Пятый из них, «Галилей», был отправлен в шестилетнее путешествие в октябре 1989 г. Космические корабли «Пионер-10» и «Пионер-11» впервые произвели измерения. За ними последовали два корабля «Вояджер», которые в 1979 г. сделали фотографии крупным планом, от которых просто захватывает дух. После 1991 г. фотографировать Юпитер начал космический телескоп «Хаббл», и эти снимки по качеству не уступают тем, что были сделаны «Вояджерами». К тому же космический телескоп «Хаббл» будет делать фотографии в течение нескольких лет, в то время как в распоряжении «Вояджеров» был лишь короткий промежуток времени, пока они пролетали мимо Юпитера.

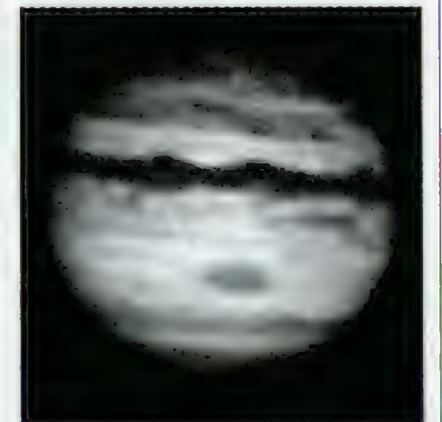
ЮПИТЕР В ЦИФРАХ

Масса: в 318 раз больше массы Земли, то есть $1{,}9 \times 10^{27}$ кг
Диаметр экватора: в 11,2 раза больше диаметра экватора Земли, то есть 143 760 км.
Плотность: 1,31г/см^3
Температура верхних облаков: –160°С
Период обращения вокруг оси: 9,93 часа
Расстояние от Солнца (в среднем): 5,203 а. е., то есть 778 млн км
Период обращения по орбите (год): 11,86 лет

НАБЛЮДЕНИЕ ЮПИТЕРА

Полное обращение Юпитера по небосводу занимает 13 месяцев, и ежегодно в течение нескольких месяцев он хорошо виден на небе несколько часов каждую ночь, до и после полуночи. Он сияет ровным белым светом. Ты можешь воспользоваться ежемесячным астрономическим справочником, чтобы определить лучшее время наблюдений и найти Юпитер на небе. Достаточно лишь приблизительно знать, в каком направлении смотреть, поскольку Юпитер – один из самых ярких небесных объектов.

Если у тебя есть такая возможность, посмотри на Юпитер в бинокль. Если можно укрепить бинокль на фототреноге, тебе будет легче вести наблюдение. Даже через простейший бинокль Юпитер выглядит поразительно. А взглянув на него в телескоп, ты увидишь просто чудесную планету: темные полосы опоясывают глобус, кое-где видны более темные пятна. Облачные пояса Юпитера и Большое Красное пятно можно увидеть только в телескоп – в бинокль, к сожалению, они не видны. Для наблюдения поясов и Красного пятна требуется некоторая практика. Если наблюдать Юпитер в то время когда Красное пятно находится в поле зрения, то не пройдет и часа, как станет понятно, что планета вращается очень быстро, – ты заметишь, что Пятно перемещается по диску. Интенсивность окраски Большого Красного пятна, а вместе с ней и легкость, с какой можно найти Пятно, не постоянны – они могут усиливаться и ослабевать.



△ На этой фотографии показаны пояса и облака Юпитера, видные в небольшой телескоп. А самая темная полоса видна даже в бинокль.

Облака ядовитого газа

Темные, красноватые полосы на Юпитере называются поясами, а более светлые полосы — зонами. Фотографии, сделанные космическими кораблями и космическим телескопом «Хаббл», показывают, что всего за несколько недель в поясах и зонах происходят заметные изменения. Это связано с тем, что видимые для нас характерные черты Юпитера в действительности являются цветными и белыми облаками верхних слоев атмосферы. Вблизи Большого Красного пятна облака образуют красивые картины с вихрями и волнами. Крутящиеся в вихрях облака сдуваются вдоль полос сильнейшими ветрами, скорость которых превышает 500 км/ч.

Большая часть атмосферы Юпитера оказалась бы губительной для людей. В дополнение к преобладающим газам — водороду и гелию — там содержится также метан, ядовитый аммиак, водяные пары и ацетилен. Тебе такое место показалось бы зловонным. Этот газовый состав похож на солнечный.

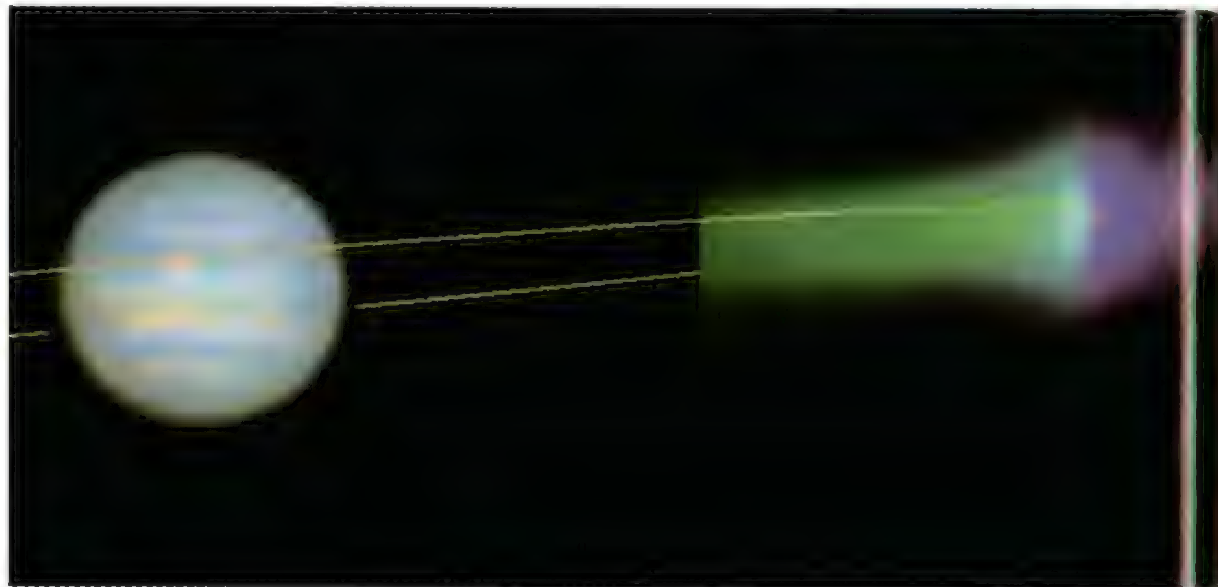
В белых облаках содержатся кристаллы замерзшего аммиака и водяного льда. Коричневые, красные и синие облака, возможно, обязаны своим цветом химическим веществам, подобным нашим красителям, или сере. Через наружные слои атмосферы бывают видны грозовые молнии.

Активный облачный слой довольно тонок, он составляет менее одной сотой радиуса планеты. Ниже облаков температура постепенно повышается. И хотя на поверхности облачного слоя она равна −160°C, опустившись сквозь атмосферу всего на 60 км, мы обнаружили бы такую же температуру, как на поверхности Земли. А еще немного глубже температура уже достигает точки кипения воды.



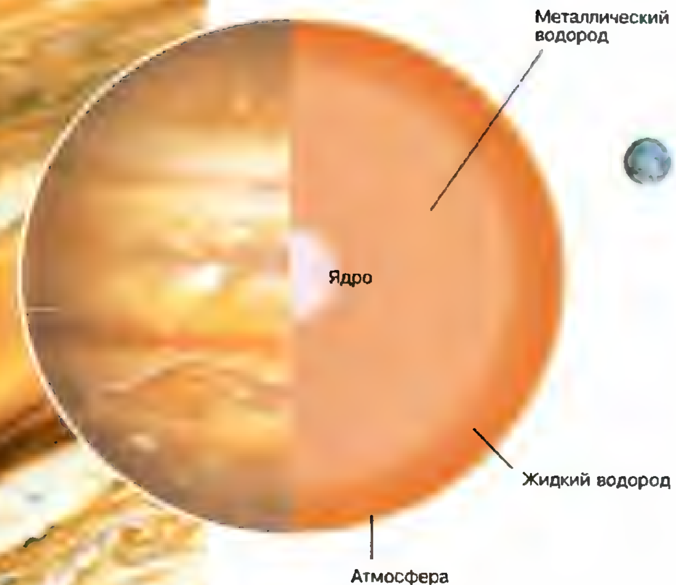


△ Космический телескоп «Хаббл» регулярно фотографирует Юпитер, он способен следить за изменением картины поясов и зон.



▷ При движении по своей орбите луна Юпитера, Ио, извергает облако серы, опоясывающее планету. На этом фотомонтаже орбита Ио показана желтой линией. Справа на отдельной фотографии можно видеть ядовито-зеленый и фиолетовый цвета серного газа.





◁ Телескопы и космические зонды могут показать нам лишь слои ядовитых облаков верхней части атмосферы Юпитера. Под тяжелым слоем облаков водород настолько сильно сжимается, что начинает вести себя подобно жидкому металлу — он проводит природный электрический ток, текущий в недрах этой гигантской планеты. Вполне возможно, что в центре Юпитера находится плотное, твердое ядро, в 20 раз более массивное, чем Земля.

Необычное вещество

В глубине Юпитера материя начинает вести себя весьма необычным образом. Хотя нельзя исключить, что в центре планеты имеется небольшое железное ядро, но все же наибольшая часть глубинной области состоит из водорода. Внутри планеты под огромным давлением водород из газа превращается в жидкость. На все более и более глубоких уровнях давление продолжает повышаться из-за колоссального веса вышележащих слоев атмосферы.

На глубине около 100 км расположен безбрежный океан жидкого водорода. Ниже 17 000 км водород оказывается сжат настолько сильно, что его атомы разрушаются. И тогда он начинает вести себя, как металл; в этом состоянии он легко проводит электричество. Электрический ток, протекающий в металлическом водороде, создает вокруг Юпитера сильное магнитное поле.

Металлический водород в глубинах Юпитера — это пример необычного вида материи, который астрономы могут изучать, но который практически невозможно воспроизвести в лабораторных условиях.

Почти звезда

Юпитер выделяет больше энергии, чем получает ее от Солнца. Измерения, произведенные космическими кораблями, показали, что Юпитер излучает примерно на 60 процентов больше тепловой энергии, чем получает от солнечного излучения.

Считается, что дополнительное тепло поступает из трех источников: из запасов тепла, оставшихся еще со времен образования Юпитера; из энергии, высвобождающейся в процессе медленного сжатия, сокращения планеты; и, наконец, из энергии радиоактивного распада. Это тепло, однако, не возникает в результате превращения водорода в гелий, как бывает в звездах. В действительности даже самые маленькие из звезд, использующих энергию такого превращения, примерно в 80 раз массивнее Юпитера. Это означает, что в других «солнечных системах» могут быть планеты и побольше Юпитера, хотя и меньше, чем звезда.

Радиостанция Юпитер

Юпитер является природной радиостанцией. Никакого смысла из радиосигналов Юпитера извлечь нельзя, так как они целиком состоят из шума. Эти радиосигналы создаются электронами, проносящимися через очень сильное магнитное поле Юпитера. Мощные бури и разряды молний накладываются на беспорядочный радиогрохот. У Юпитера сильное магнитное поле, которое простирается на 50 диаметров планеты во все стороны от нее. Никакая другая планета Солнечной системы не обладает таким сильным магнетизмом и не создает такого мощного радиоизлучения.

ВАЖНЫЕ ОТКРЫТИЯ

1610	Галилей наблюдает в телескоп Юпитер и его спутники.
1664	В Оксфорде Роберт Гук описывает и зарисовывает Большое Красное пятно.
1675	Первое правильное измерение скорости света, произведенное при помощи хронометрирования затмений спутников Юпитера.
1932	В атмосфере Юпитера обнаружены метан и аммиак.
1951	Высказано предположение, что водород на Юпитере обладает свойствами металла.
1955	Случайное открытие радиоволн, излучаемых Юпитером.
1973	Первый космический зонд «Пионер» пролетает вблизи Юпитера.
1979	Встреча «Вояджера» с Юпитером. Обнаружено вращение Большого Красного пятна, обнаружена небольшая система колец, открыты полярные сияния, получены великолепные фотографии Юпитера и всех его лун.
1989	Запущен космический зонд «Галилей».
1994	Столкновение кометы с Юпитером.

ПОСМОТРИ САМ

Если в твоем распоряжении есть небольшой телескоп или мощный бинокль, ты можешь повторить наблюдения четырех больших лун Юпитера, впервые произведенные Галилеем в январе 1610 г. Совсем рядом с планетой ты увидишь до четырех светящихся точек, похожих на звездочки. Проводя наблюдения каждую ночь, ты заметишь, что они меняют свое положение. Перед тобой четыре самые большие луны Юпитера. Их называют Галилеевыми спутниками, а их собственные имена в порядке удаления от Юпитера таковы: Ио, Европа, Ганимед и Каллисто.

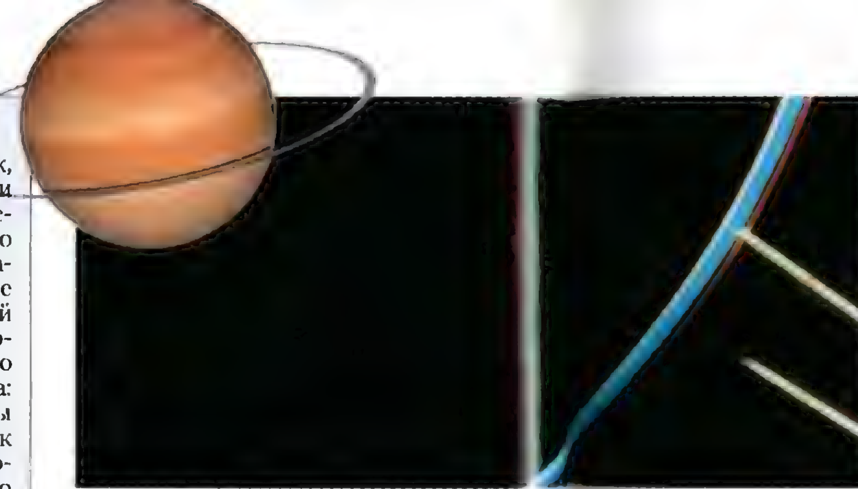
Галилей следил за перемещением этих четырех лун в течение двух месяцев. Наблюдая их движение по орбитам вокруг Юпитера, он решил, что эта картина очень похожа на Солнечную систему в миниатюре. Это явилось важным свидетельством в пользу теории Коперника (см. с. 23) и изменило представление астрономов о Солнечной системе.

Прикинь, нельзя ли устроить так, чтобы ты мог понаблюдать спутники Юпитера в течение нескольких недель. Нужно, конечно, чтобы повезло с погодой, но в любом случае постарайся наносить на карту положение видимых спутников каждый погожий вечер, без пропусков. Тогда ты сможешь сделать оценку орбитального периода каждой луны. Для примера: Ио требуется всего 42 часа, чтобы облететь вокруг Юпитера, тогда как у Каллисто это занимает немногим более двух недель. Ты убедишься, что чем дальше от Юпитера расположен спутник, тем дольше его путешествие по орбите.

Можно наблюдать и затмение спутников Юпитера. Юпитер отбрасывает тень в пространстве, и когда луны движутся сквозь эту тень, они исчезают из нашего поля зрения. Измеряя продолжительность затмений лун Юпитера, астрономы в XVII в. впервые смогли правильно расчитать скорость света.



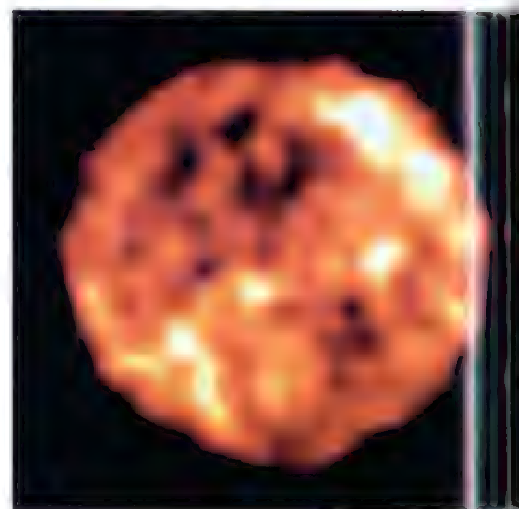
▷ Книга для записи, принадлежавшая Галилею, где зафиксированы результаты его наблюдений спутников Юпитера.



◁ На орбите вокруг Юпитера расположено узкое кольцо пыли, открытое космическими зондами — «Вояджерами» в 1970-х гг.



◁ Ио — удивительная луна. Ее поверхность покрыта серой, извергнутой из недр активных вулканов.



△ Изображение Ио, сделанное космическим телескопом «Хаббл» с расстояния 600 млн км.

Луны Юпитера

Семейство 16 лун Юпитера представляет собой как бы Солнечную систему в миниатюре, где Юпитер выполняет роль Солнца, а его луны – роль планет. Самая большая луна – Ганимед, ее диаметр равен 5262 км. Она покрыта толстой коркой льда, лежащей поверх каменистого ядра. Имеются многочисленные следы метеоритных бомбардировок, а также свидетельства столкновения с гигантским астероидом 4 миллиарда лет назад.

Каллисто по величине почти не уступает Ганимеду, и вся ее поверхность густо усеяна кратерами. Это самый темный по цвету из всех спутников Юпитера.

У Европы самая светлая поверхность. На одну пятую Европа состоит из воды, которая образует на ней ледяной панцирь толщиной в 100 км. Это ледяное покрытие так же сильно отражает свет, как облака Венеры.

Из всех лун наиболее живописна Ио, которая вращается в наибольшей близости к Юпитеру. Цвет Ио совершенно необыкновенный – это смесь черного, красного и желтого. Такая удивительная окраска объясняется тем, что из недр Ио было извергнуто большое количество серы. Съемочные камеры «Вояджера» показали на Ио несколько действующих вулканов; они выбрасывают фонтаны серы на 200 км ввысь над поверхностью. Серная лава вытекает наружу со скоростью 1000 м в секунду. Некоторое количество этого лавового вещества вырывается из поля тяготения Ио и образует кольцо, опоясывающее Юпитер.

Поверхность Ио молода. Мы можем судить об этом по тому, что на ней почти нет метеоритных кратеров. Орбита Ио проходит менее чем в 400 000 км от Юпитера. Поэтому Ио подвергается возмущающему действию огромных приливных сил. Постоянное чередование растягивающих и сжимающих приливов внутри Ио порождает интенсивное внутреннее трение. Благодаря этому внутренние области остаются горячими и расплавленными, несмотря на огромное удаление Ио от Солнца.

Более мелкие тела, летающие вокруг Юпитера

Кроме четырех больших лун, у Юпитера имеются еще и маленькие «лунки». Четыре из них летают еще ниже над поверхностью Юпитера, чем Ио, и ученые считают их просто большими обломками других спутников, которые уже перестали существовать. Миниатюрные луны, чьи орбиты значительно удалены от Юпитера, по всей вероятности, являются астероидами, которые, пролетая слишком близко от Юпитера, попали в поле действия сил тяготения этой планеты. Не все эти луны были сфотографированы в деталях. Кроме того, у Юпитера есть еще три слабо выраженных кольца, впервые обнаруженных «Вояджером-1». Они состоят из очень мелких частиц пыли.

Космический корабль «Галилей» начнет изучение Юпитера и его лун в конце 1995 г. На более крупных лунах ученым, изучающим планеты, хотелось бы найти места возможной посадки автоматических космических кораблей, снабженных роботами.

▽ Луны Юпитера Ганимед, Каллисто и Европа. Европа по величине приблизительно равна нашей Луне. Ганимед и Европа покрыты льдом.



Ганимед



Каллисто



Европа

Сатурн



Сатурн, шестая от Солнца планета, имеет удивительную систему колец. Плотность этого газового гиганта меньше плотности воды, так что если бы Сатурн был помещен в исполинский океан, он стал бы плавать!

Орбита Сатурна расположена почти в десять раз дальше от Солнца, чем орбита Земли. Это означает, что Сатурн получает всего одну сотую того количества тепла и света, что достается Земле. Следовательно, это холодный мир, его облачная система, его ветры очень похожи на аналогичные явления на Юпитере. Путешествие Сатурна по орбите вокруг Солнца занимает 29,5 лет. Оборот вокруг собственной оси он совершает за 10 часов. Из-за такого быстрого вращения шар Сатурна как бы сплюснут у полюсов и раздут вдоль экватора.

Сатурн в 95 раз массивнее Земли, он является второй по величине планетой после Юпитера. Подобно Юпитеру, Сатурн почти целиком состоит из водорода и гелия и имеет также в своей атмосфере зоны облаков аммиака. Скорость ветров на экваторе достигает 1800 км/ч, что вчетверо больше скорости самых сильных ветров Юпитера и в 20 раз превосходит силу ветра сильнейшего шторма на Земле. По сравнению с Юпитером, черты поверхности Сатурна выражены очень слабо. Иногда можно увидеть белые пятна, но и они крайне редки.

Кольца Сатурна

Очень красивые кольца Сатурна не соприкасаются с планетой. Через большие телескопы можно увидеть три главных кольца. Однако фотографии, сделанные «Вояджером», показывают, что на самом деле у Сатурна имеется огромное количество более узких колечек, которые сливаются вместе, если на них смотреть с большого расстояния. Плоскость колец наклонена к плоскости орбиты на 29°. Поэтому при наблюдении с Земли вид колец постепенно меняется. Примерно в течение года мы видим кольца максимально широкими; затем, по мере поворота плоскости колец, их видимая ширина уменьшается, пока через 15 лет мы не начнем смотреть на плоскость колец сбоку, когда они практически исчезают из вида.

Кольца эти нетвердые. Свет ярких звезд доходит до нас прямо сквозь кольца, причем блеск звезд при этом даже не уменьшается. Хотя ширина колец равна 400 000 км, в толщину они имеют всего несколько десятков метров! Внутренние части колец обращаются вокруг Сатурна быстрее, чем наружные.

Кольца в основном состоят из миллиардов мелких частиц, каждая из которых обращается по орбите вокруг Сатурна как отдельная микроскопическая луна! Вероятно, эти «микролуны» состоят из водяного льда или из камней, покрытых льдом. Размер большинства из них — около метра, но в общем их размеры колеблются от нескольких сантиметров до десятков метров. В кольцах имеются и более крупные объекты — каменные глыбы и обломки до сотен метров в поперечнике.

В 1980 г. «Вояджер» сфокусировал свои объективы на кольцах Сатурна и обнаружил, что они представляют собой множество очень узких колечек. Щели между кольцами возникают под действием сил тяготения многочисленных лун, которые вынуждают кольца расщепляться.

Почему у некоторых планет есть кольца?

Все газовые гиганты — Юпитер, Сатурн, Уран и Нептун — имеют кольца. Эти кольца находятся вблизи своих планет. Орбиты крупных лун не проходят внутри колец.

Если большая луна, состоящая из твердых пород, слишком сильно приближается к планете-родительнице, она подвергается растяжению огромными приливными силами. Та сторона луны, которая находится ближе к планете, испытывает более сильное притяжение, чем та, что дальше от планеты. И чем ближе луна к своей планете, тем больше разница в величине гравитационных сил, действующих на ближнюю и дальнюю стороны. Орбита луны может проходить столь близко от планеты, что разница этих сил (то есть приливные силы) окажется достаточно мощной, чтобы расколоть обычную твердую породу. Таким образом, кольца могут возникать в результате разрыва, раздробления луны на мелкие части гравитационными силами планеты. Не исключено также, что кольца представляют собой материю, оставшуюся со времени образования планеты и ее лун.

Щель Кассини
Раньше думали, что это пустая щель между кольцами A и B; «Вояджер» обнаружил, что в ней содержится более 100 тонких колец.

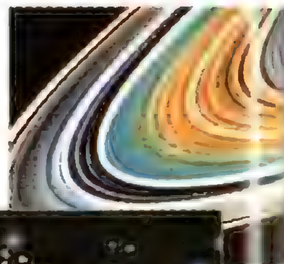
Кольцо A
Наиболее удаленное от Сатурна кольцо, видимое с Земли; в нем содержатся наиболее близкие к планете маленькие луны.

Кольцо F
Наиболее далекое от планеты яркое кольцо; частично состоит из двух переплетенных между собой колец.

Кольцо B
Самое яркое и самое плотное кольцо; в нем имеются перемычки.

Кольцо C
Голубое кольцо; это самое слабое из колец, видимых с Земли.

Кольцо D
Очень слабо заметное кольцо, почти касается Сатурна.





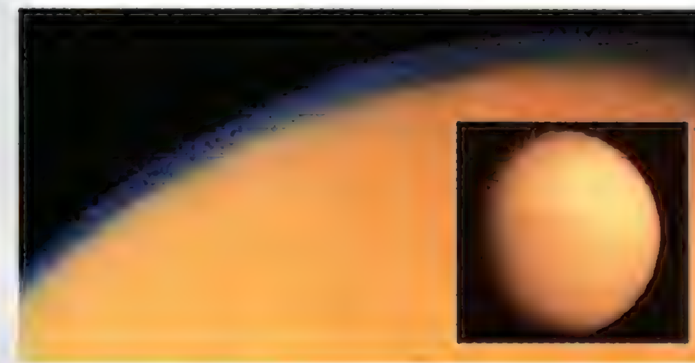
▽ ▷ Кольца Сатурна (справа). Считается, что планетарные кольца образуются в тех случаях, когда луна слишком близко подходит к планете-родительнице и под действием приливных сил разрывается на части (внизу).

Титан

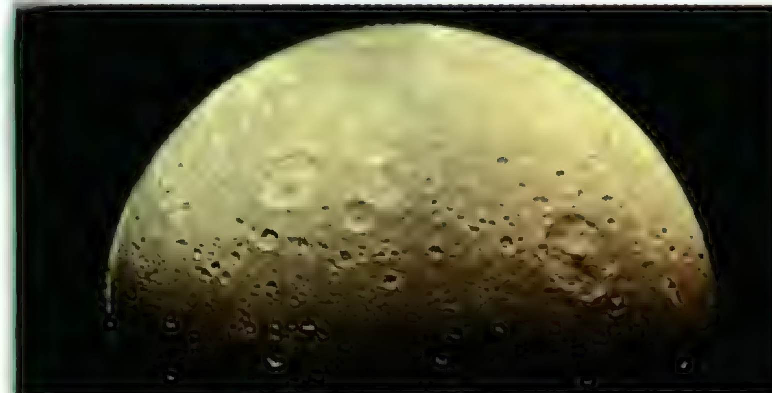
Самый крупный спутник Сатурна, Титан, по своей величине превосходит планету Меркурий. Астрономы считают, что эта луна состоит из равных количеств камня и водяного льда. Но самым замечательным представляется тот факт, что у Титана есть толстый слой атмосферы, состоящей главным образом из азота с некоторой примесью метана (на Земле он встречается в виде природного газа). Никакая другая луна во всей Солнечной системе не имеет атмосферы. Атмосферное давление на Титане не намного больше, чем на Земле, зато температура — всего −180°С. При такой температуре метан существует как в виде газа, так и в виде жидкости, а также как твердое вещество — в зависимости от конкретных местных условий. Так что Титан в некотором смысле похож на Землю: там может быть дождь, и снег, и океаны, и реки! Разница лишь в том, что все это состоит не из воды, а из метана.

САТУРН В ЦИФРАХ

Масса: в 95 раз больше массы Земли, то есть $5{,}68 \times 10^{26}$ кг
Диаметр экватора: в 9,46 раза больше экватора Земли, то есть 120 420 км
Плотность: 0,71 г/см^3
Температура верхних слоев облаков: −150°С.
Период обращения вокруг оси: 10,54 часа
Расстояние от Солнца (среднее): 9,54 а. е., то есть 778 млн км
Период обращения по орбите (год): 29,46 лет



◁ Титан имеет толстый слой туманной атмосферы, которая, в свою очередь, состоит из нескольких слоев дымки, мглы и облаков.

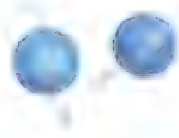


◁ Мимас, самый маленький и близко расположенный к Сатурну спутник из всех лун среднего размера. Его диаметр всего 400 км, а поверхность густо усеяна кратерами.

ВАЖНЫЕ ОТКРЫТИЯ

1610	Первое наблюдение Сатурна в телескоп Галилеем. Его телескоп был недостаточно мощным, чтобы разглядеть кольца, и Галилей записал, что Сатурн состоит из трех частей.
1633	Самая ранняя зарисовка Сатурна.
1655	Христиан Гюйгенс открывает Титан.
1656	Христиан Гюйгенс сообщает о наличии кольца у Сатурна.
1675	Кассини обнаруживает щель в кольцах.
1837	Открытие щели Энке.
1876	Открытие заметного белого пятна.
1932	В атмосфере открыты аммиак и метан.
1979	Сближение «Пионера-11» с Сатурном.
1980	«Вояджер-1» получает изображения Сатурна и Титана.
1981	Полет к Сатурну «Вояджера-2».
1990	Наблюдение Сатурна при помощи космического телескопа «Хаббл».

Уран и Нептун



Уран и Нептун — гигантские планеты, состоящие из газа и имеющие очень узкие системы колец. Уран опрокинут набок. Нептун имеет грозовую атмосферу. На его луне Тритоне есть вулканы, извергающие воду и лед.

13 марта 1781 г. Уильям Гершель (1738–1822), пользуясь самодельным телескопом, случайно открыл новую планету. Гершель был музыкантом, жившим в Батс (Англия), где он работал органистом. Астрономия была его излюбленным увлечением. Он сам сделал телескоп и составлял перечень двойных звезд, которые при наблюдении казались расположенными очень близко друг к другу. Однажды ночью он заметил новый объект, который принял за комету, поскольку он медленно перемещался относительно звезд. Однако через несколько недель стало ясно, что это не комета, а новая планета нашей Солнечной системы.

Открытие Гершеля прославило его на весь мир, а король Георг III назначил ему королевскую пенсию. Вначале астрономы никак не могли выбрать имя для новой планеты, но в конце концов назвали ее Ураном. Согласно классической мифологии, Уран — дедушка Юпитера.

Еще одна новая планета, Нептун, была обнаружена в 1846 г. в результате тщательных, планомерных поисков. В течение многих лет астрономов приводило в недоумение, что Уран постоянно отклоняется от своего пути. На основании Ньютонова закона всемирного тяготения они вычислили, где должен находиться Уран, но всякий раз обнаруживали, что его истинное положение на небе не совпадает с теоретическим. Ученые понимали, что это может происходить, если Уран подвергается действию мощных сил притяжения со стороны какой-то неведомой планеты.

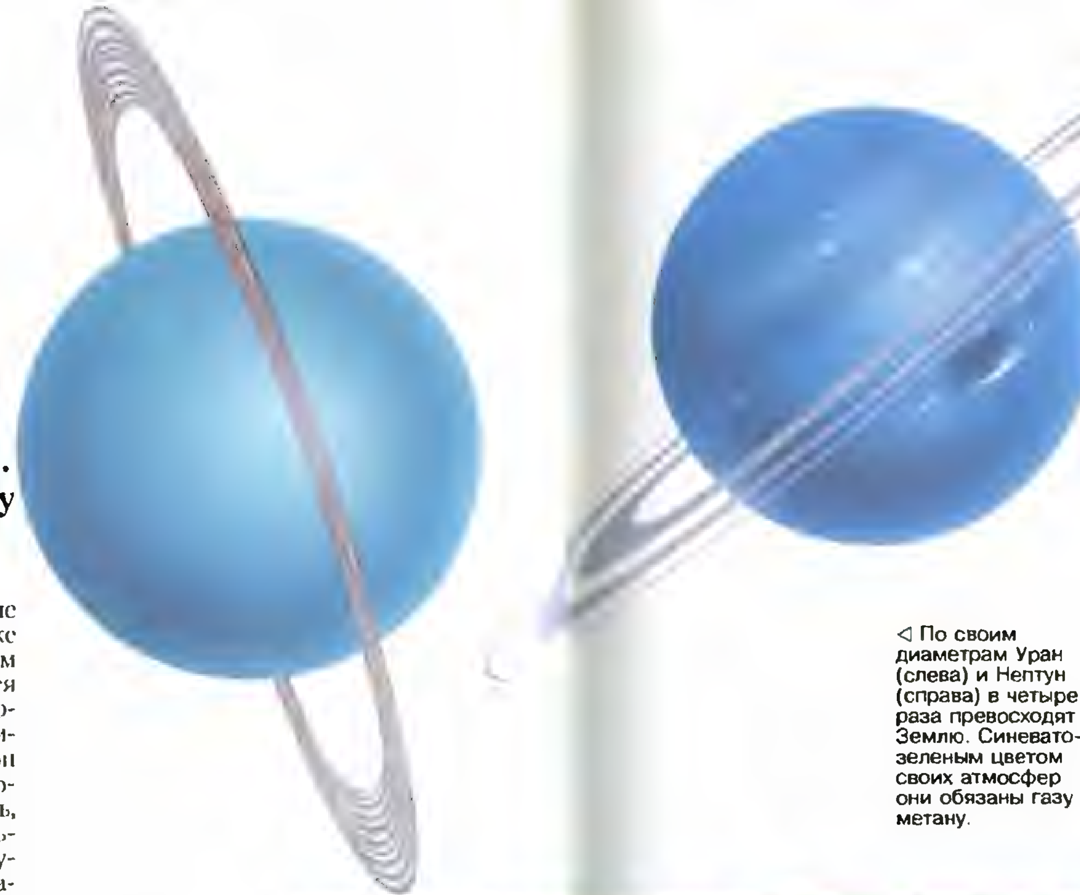
Два математика принялись за работу по вычислению места расположения таинственной планеты. В 1845 г. в Кембридже (Англия) Джон Кауч Адамс (1819–1892) объединил свои усилия с Джеймсом Чаллисом (1803–1862). Они работали вместе в обсерватории Кембриджского университета. Хотя Чаллис в действительности записал, зафиксировал эту новую планету, сам он не понял, что нашел ее! Почти в то же самое время французский астроном Урбэн Леверье (1811–1877) пытался убедить ученых Парижской обсерватории во Франции начать поиски невидимой планеты. С той же целью он написал письмо в Берлинскую обсерваторию в Германии. В ту самую ночь, когда Иоганн Галле получил это письмо (23 сентября 1846 г.), он обнаружил предсказанную планету в том самом месте, которое было определено Леверье путем вычислений. Планету назвали Нептуном в честь древнеримского морского бога.

Уран — опрокинутая планета

Уран состоит в основном из водорода и гелия, но одну седьмую его атмосферы составляет метан. Благодаря метану Уран выглядит синеватым, этот факт впервые был отмечен Гершелем. Космический зонд «Вояджер-2» обнаружил в верхней атмосфере Урана всего несколько полосок облаков. Температура этой планеты равна примерно −220°C. В центре Урана находится большое ядро, состоящее из камня и железа.

Собственная ось вращения Урана наклонена больше, чем на прямой угол, откуда следует, что его северный полюс находится ниже плоскости орбиты. Это уникальное явление во всей Солнечной системе. Свою орбиту вокруг Солнца Уран обходит за 84 года. Времена года на этой планете, но всей видимости, очень необычны. Приблизительно в течение 20 лет северный полюс более или менее обращен к Солнцу, в то время как южный постоянно находится во тьме.

Астрономы предполагают, что вскоре после образования Солнечной системы произошло столкновение Урана с другой большой планетой. Не исключено, что в результате этой коллизии Уран был опрокинут набок.



◁ По своим диаметрам Уран (слева) и Нептун (справа) в четыре раза превосходят Землю. Синевато-зеленым цветом своих атмосфер они обязаны газу метану.

▷ Это Тритон — самая крупная луна Нептуна. На снимке, сделанном «Вояджером-2», виден широкий кратер Тритона с небольшой горной грядой посредине.

▽ Миранда, самая маленькая луна Урана, представляет собой беспорядочную массу каменных обломков и скал.



ВАЖНЫЕ ОТКРЫТИЯ

1690	Уран впервые был описан, но в качестве звезды.
1781	Уран открыт Уильямом Гершелем как планета.
1787	Уильям Гершель обнаруживает два спутника Урана.
1846	Открытие Нептуна.
1977	Открыты кольца Урана.
1986	Сближение «Вояджера-2» с Ураном. Открыты новые луны Урана.
1989	«Вояджер-2» проходит вблизи Нептуна, открывает кольца.

УРАН И НЕПТУН В ЦИФРАХ

	Уран	*Нептун*
Масса:	В 14,5 раза больше массы Земли, $8{,}7\times10^{25}$ кг	В 17,2 раза больше массы Земли, 1×10^{26} кг
Диаметр экватора:	В 4 раза больше, чем на Земле, 51 300 км	В 3,9 раза больше, чем на Земле, 49 500 км
Плотность:	1,27 г/см³	1,77 г/см³
Температура:	−220°C	−213°C
Период обращения вокруг оси:	17 ч 14 мин	17 ч 52 мин
Расстояние от Солнца (среднее):	19,2 а.е., 2,86 млрд км	30 а.е., 4,5 млрд км
Период обращения по орбите (год):	84 года	165 лет

Кольца вокруг Урана

Кольца Урана были обнаружены благодаря случайности. Астрономам хотелось побольше узнать об атмосфере этой планеты. Когда Уран проходил перед одной слабой звездой, они заметили, что звезда мигнула несколько раз до и после того, как Уран полностью ее закрыл. Никто не предвидел этого явления, а причина его заключалась в наличии у Урана по крайней мере девяти слабо выраженных колец, вращающихся вокруг этой планеты. Кольца Урана состоят из больших и малых камней, а также тонкой пыли.

Миранда

Вокруг Урана вращается пять больших лун и десять маленьких. Самая удивительная из них — Миранда, около 500 км в поперечнике. Ее поверхность поражает разнообразием долин, ущелий и крутых скал. Кажется, что эта луна сплавлена из трех или четырех огромных каменных обломков. Возможно, они представляют собой остатки прежней луны, некогда столкнувшейся с астероидом, а теперь сумевшей вновь собрать воедино свои обломки.

Нептун с борта «Вояджера-2»

«Вояджер-2» пронесся мимо Нептуна 24 августа 1989 г., после 12-летнего путешествия к этой планете, и добытые им сведения преподнесли нам многочисленные сюрпризы. Поскольку Нептун в 30 раз дальше от Солнца, чем Земля, солнечный свет, достигающий его поверхности, чрезвычайно слаб, и температура на Нептуне равна −213°C. Однако здесь немного теплее, чем на Уране, хотя Уран и ближе к Солнцу. Это объясняется тем, что у Нептуна имеется внутренний источник тепловой энергии, который дает в три раза больше тепла, чем планета получает от Солнца.

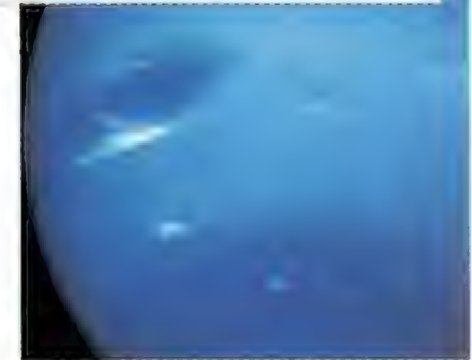
В атмосфере Нептуна имеют место разнообразные погодные явления. «Вояджер-2» наблюдал там Большое Темное пятно, подобное, по-видимому, Большому Красному пятну Юпитера. Есть там также тонкие перистые облака. Некоторые из них состоят из замерзшего метана.

Сейчас «Вояджер-2» мчится к краю Солнечной системы. Он не приблизится к Плутону, последней планете, но астрономы смогут поддерживать радиоконтакт с кораблем по крайней мере до 2020 г. В течение этого времени «Вояджер-2» будет посылать на Землю информацию о газе и пыли в отдаленных областях Солнечной системы.

Тритон

У Нептуна есть спутник, превосходящий по величине земную Луну: это Тритон. Подобно Земле, Тритон имеет азотную атмосферу, а состоит он на семь десятых из твердой породы и на три десятых из воды. Вблизи южного полюса Тритона «Вояджер-2» сделал снимки красного льда, а на экваторе он сфотографировал голубой лед из замерзшего метана.

На Тритоне имеются громадные скалы, изрезанные водяным льдом, а также бесчисленное количество кратеров. Нептун изменяет направление движения комет, попадающих в Солнечную систему извне. Возможно, некоторые из них сталкивались с Тритоном, и в результате этих соударений возникли его кратеры. На Тритоне есть темные полосы вулканического происхождения. Ученые полагают, что лед, состоящий из замерзшей воды, метана и азота, был извергнут из глубин Тритона через вулканы.



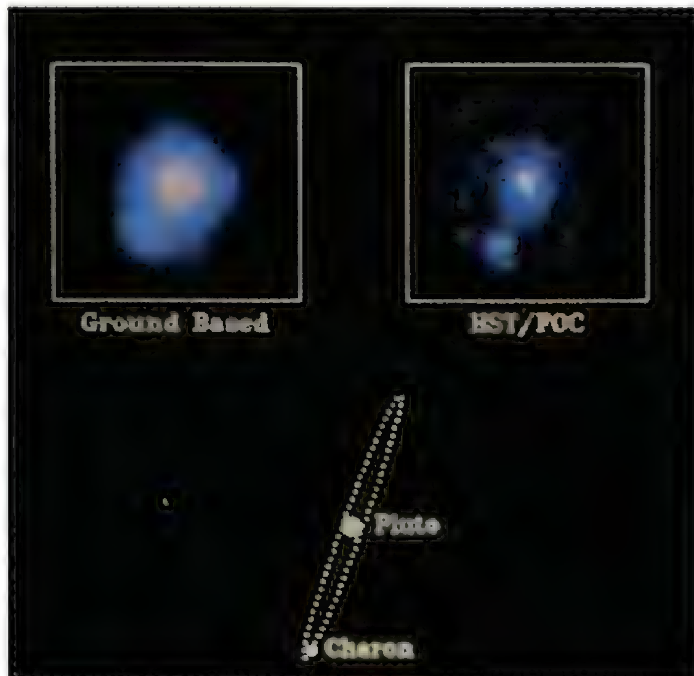
△ Большое Темное пятно на Нептуне, как его увидел «Вояджер-2».

Плутон и Харон



На краю Солнечной системы Плутон и его луна Харон вместе образуют двойную планету. Плутон по величине меньше нашей Луны, состоит он из камня и льда. Существует также бесчисленное количество тел, оставшихся со времени образования Солнечной системы.

Нептун был открыт благодаря тому, что астрономы скрупулезно искали причину небольших отклонений в орбите Урана. Наблюдая в начале XX в. орбиту Нептуна, ученые пришли к выводу, что, возможно, существует еще одна, еще более удаленная планета. Более 20 лет поиски не приносили результата. Позднее, в 1930 г., молодой астроном из обсерватории Лоуэлла в Аризоне, Клайд Томбо, сообщил об открытии в результате тщательных исследований очень слабо видимой планеты. Диаметр Плутона составляет 2324 км. Орбита Плутона сильно вытянута. Наиболее близкая к Солнцу точка орбиты Плутона находится на расстоянии 4425 млн км от Солнца, а наиболее удаленная — на расстоянии 7375 млн км. В 1979 г. Плутон фактически пересек орбиту Нептуна и теперь вновь окажется за Нептуном только в 1999 г. На фотографиях, сделанных в 1978 г., Плутон выглядел вытянутым наподобие яйца. По-видимому, это указывало на наличие у Плутона луны, которая вращается столь близко от него, что в телескоп невозможно получить их четкого раздельного изображения. Самые отчетливые снимки, показавшие луну Харон, которая вращается вокруг Плутона, были сделаны космическим телескопом «Хаббл». Плутон отделяет от Харона менее 20 000 км, и они похожи скорее на пару планет-близнецов. По подсчетам астрономов масса Плутона составляет 0,0022 (или 1/440) от массы Земли.



◁ На этой фотографии, сделанной космическим телескопом «Хаббл», видны Плутон и его луна Харон (ниже и левее). На диаграмме показана орбита Харона вокруг Плутона, как она выглядела бы с Земли в то время, когда был сделан снимок.

▷ Плутон и Харон слишком удалены от Земли, чтобы можно было разглядеть хоть какие-то детали их поверхности даже в самые сильные телескопы. И Плутон — единственная планета Солнечной системы, к которой не приближался ни один космический корабль. Основываясь на том, что о них известно, художник представил себе, как они могли бы выглядеть с близкого расстояния в тот момент, когда Харон вот-вот будет проходить перед Плутоном.

Промерзшее пространство

Плутон — холодная планета. Зимой температура на его поверхности равна −230°С. При наибольшем приближении Плутона к Солнцу, когда он тем не менее в 30 раз дальше от Солнца, чем Земля, температура на Плутоне поднимается до −200°С. Солнце с Плутона выглядит просто как довольно яркая звезда — не все-таки диск, а не светящаяся точка. Слой атмосферы на Плутоне очень тонок, и зимой она, вероятно, примерзает к поверхности планеты. Толстый слой водяного и метанового льда покрывает каменное ядро. Плутон не похож на планеты типа Земли, которые имеют более высокую плотность и содержат железо и никель. Кардинально отличается Плутон и от своих ближайших соседей, газовых гигантов, таких, как Нептун. Так что же он такое — Плутон?

Плутон и Харон в цифрах

	Плутон	Харон
Масса:	0,0022 массы Земли, $1{,}3\times10^{22}$ кг	0,0003 массы Земли, $1{,}8\times10^{21}$ кг
Диаметр:	2324 км	1212 км
Плотность:	2 г/см^3	2 г/см^3
Температура:	−230°С	−230°С
Расстояние от Солнца:	между 29,65 (минимальное) и 49,28 (максимальное) а. е., на сильно вытянутой эллиптической орбите.	



◁ За орбитой Нептуна находится кольцо небольших планетоподобных тел, состоящих из камня и льда. Это кольцо называется поясом Койпера (внизу слева). Гораздо дальше, в огромном шарообразном образовании под названием Облако Оорта находятся, как считают ученые, еще миллиарды подобных объектов. Когда эти тела направляются по курсу, ведущему в нашу часть Солнечной системы, они становятся кометами.

◁ Этот объект, открытый в 1993 г., является одним из немногих известных тел в поясе Койпера. Названный 1993 RO, он обращается вокруг Солнца на чуть большем расстоянии, чем Нептун.

Пояс Койпера

По дальнему краю Солнечной системы, за Нептуном, располагается кольцо маленьких планетарных тел, известных под общим названием пояс Койпера. Было обнаружено несколько таких тел размером 100–200 км в поперечнике, и орбита Плутона, по-видимому, проходит уже внутри этого пояса. Вполне возможно, что Харон был захвачен Плутоном из пояса Койпера, и точно так же Тритон был захвачен Нептуном. Планетезимали, как еще называют эти мини-планеты, являются остатками того материала, из которого образовались крупные планеты на ранней стадии существования Солнечной системы.

По химическому составу Плутон и Харон сходны с кометами, но по размеру сильно их превосходят. Поверхностный материал более мелких планетезималей, по всей видимости, также напоминает вещество планеты.

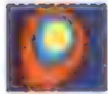
Поиски планеты X

Все крупные небесные тела внутри орбиты Плутона, видимо, уже открыты. Объекты пояса Койпера по размерам не превышают астероиды. Много дальше этого пояса, на расстоянии одного светового года от Солнца, находится кометное Облако Оорта. Можно с уверенностью сказать, что там должно обнаружиться бесчисленное количество мелких ледяных тел, однако крупных планет там нет. Хотя время от времени предпринимались тщательные исследования, сегодня астрономы считают, что за Плутоном не может быть ни одной настоящей планеты. Поиски неуловимой десятой планеты — планеты X — оказались тщетными.

Важные открытия

1877 Первые поиски (США).
1905 Тщательные фотопоиски Лоуэлла во Флагстафе, Аризона (США).
1919 Поиск при помощи большого телескопа в Маунт-Уилсон, Калифорния (США).
1930 В январе Томбо открывает Плутон. Сообщение об этом было сделано 13 марта 1930 г., ровно 149 лет спустя после открытия Урана.
1978 В обсерватории Военно-морских сил США открыта луна Плутона.
1991 Космический телескоп «Хаббл» получает четкое изображение Плутона и Харона.

Кометы



Это всегда бывает исключительно волнующим событием — когда комета становится видна невооруженным глазом. Яркая комета может иметь изящный хвост, искрящийся в ночном небе. Кометы состоят из льда и небольших камней. Европейский космический зонд «Джотто» приблизился к двум кометам.

Кометы представляют собой остаточный материал, образовавшийся при зарождении нашей Солнечной системы. Миллиарды лет своей жизни они провели в отдаленных морозных глубинах пространства. Кометы состоят из различных видов льда — замерзших воды, метана, аммиака и углекислого газа. В эту ледяную смесь заключены несочная пыль, крупные камни и куски металла. Все эти материалы входили в межзвездное облако, из которого образовались Солнце и планеты. Кометам же достались лишь те остатки, что не пошли в дело. Они состоят из слабо связанных между собой частей и легко распадаются.

Путешествие к Солнцу

Когда комета совершает путешествие в сторону Солнца, с ней происходят перемены. Сначала солнечные лучи непосредственно согревают ледяные комья. К тому времени, когда комета оказывается внутри орбиты Юпитера, под воздействием солнечного тепла лед тает и выкипает, и вокруг мчащейся вперед кометы собирается газ. Постепенно образуется большое газовое облако, кома, окружающее комету. По мере таяния льда на поверхности кометы возникает корка из пыли. Как правило, это очень неровный слой, и поэтому газ, который продолжает образовываться внутри, начинает струями выбрасываться наружу, словно на комете есть маленькие вулканчики.

Реактивные струи газа и пыли вырываются из кометы, когда она несется к Солнцу. Фонтаны извергающегося вещества могут даже слегка изменить ее орбиту. Подобный эффект можно наблюдать, если надуть небольшой воздушный шарик, а потом, не завязывая, отпустить его: он будет беспорядочно метаться во все стороны, пока струя воздуха вырывается из его шейки.

Когда комета несется вперед по орбите, пыль и газ слетают с нее, образуя хвост. Радиация, идущая от Солнца, сталкивает хвост кометы в сторону, противоположную Солнцу. Хотя ядро головы кометы (ледяной глыбы) может иметь диаметр всего в несколько километров, хвост ее подчас вытягивается в длину на 100 млн км. Между тем, пока комета следует по орбите, от нее отделяются и более крупные сгустки пыли, куски камня и металла. Эти твердые тела образуют метеорные потоки. После того как комета огибает Солнце и начинает удаляться от него, она понемногу остывает. Образование газа уменьшается, струи иссякают, и хвост сокращается.

Мифы и история

Появление в небе новой кометы непредсказуемо, но в среднем приблизительно раз в 10 лет неожиданно вспыхивает и становится видна в ночном небе яркая комета. В течение по крайней мере нескольких дней, а то и месяцев, она остается видимой. Нередко образуется и хвост. Если комета проходит вблизи Земли, ее хвост может растянуться на четверть неба и даже больше. Кроме таких неожиданных комет, существуют и кометы, которые возвращаются на небо снова и снова и которые тоже видны невооруженным глазом. Самая известная и самая яркая из них — комета Галлея.

Кометы могут появиться в любой точке неба, могут двигаться по небу в любом направлении и при этом менять свою яркость и форму. Благодаря такому странному поведению, в прошлом кометы нередко пугали людей.

В 467 г. до н.э. во Фракии упал огромный метеорит в то самое время, когда в течение 75 дней в небе была видна комета. В результате греческие философы стали считать, что горячие камни являются частью неба. Аристотель, самый знаменитый древнегреческий ученый, писавший о природе, родился во Фракии и работал в Афинах в IV в. до н.э. В своей книге, посвященной природе, он утверждал, что кометы вызывают сильные бури и засуху. Его представления были общепринятыми в среде образованных людей в течение почти двух тысячелетий. После убийства Юлия Цезаря (в 44 г. до н.э.) во всех концах Римской империи в течение недели была видна яркая комета, и люди думали, что это дух Цезаря соединяется с богами в небесах.

Еще один знаменитый пример, когда появление кометы связывали с катастрофой, относится к 1066 г. Вторжение норманнов в Южную Англию совпало с появлением на небе кометы Галлея. А затем подобное же совпадение произошло в 1456 г., когда пал Константинополь. На протяжении всех средних веков ученые и писатели не уставали повторять, что кометы всегда приносят несчастья.

В 1577 г. появилась такая яркая комета, что она была видна даже сквозь облака. Датский астроном Тихо Браге (1546–1601), наблюдавший эту комету, утверждал, что она путешествует в пространстве далеко за Луной. Это полностью опровергало пугливые теории Аристотеля и его последователей, считавших кометы опасным погодным явлением.



▷ Появление кометы Галлея в 1066 г. нашло отражение в гобелене Майе, который был выткан между 1067 и 1077 гг. Английскому королю Гарольду сообщают, что эта комета является дурным предзнаменованием.



▷ Появление кометы Галлея в 1301 г., вероятно, вдохновило художника Джотто на изображение Вифлеемской звезды, когда в 1304 г. он писал эту библейскую сцену на стене часовни Скровеньи в Падуе (Италия).



▽ Появление кометы Галлея в 1986 г. Фотография сделана обычной камерой. Голубой хвост состоит из газа, выделяемого кометой.

Ньютон и Галлей

Исаак Ньютон доказал математически, что все кометы движутся по орбитам вокруг Солнца и управляются силой солнечного тяготения. Кроме того, он показал, что орбиты комет всегда сильно вытянуты. В нашем небе они видны только тогда, когда, пройдя через Солнечную систему, оказываются вблизи Солнца.

Эдмунд Галлей был другом Ньютона. Используя методы Ньютона, Галлей провел вычисления, позволявшие определять орбиты комет. При этом он обнаружил, что комета, которую он наблюдал в 1682 г., имела ту же самую орбиту, что и комета, которую видели в 1607 г. В захватывающем научно-детективном исследовании он пошел по следу еще дальше назад, до 1531 г.: оказалось, что комета того года находилась на той же самой орбите! Стало совершенно ясно, что это были три появления одного и того же небесного тела. Эта комета возвращается каждые 76 лет, и Галлей предсказал, что она вновь появится в 1758 г., — но, к сожалению, не дожил до этого срока.

Предсказуемые кометы

Комета Галлея в самом деле вернулась зимой 1758 г., в точности, как предсказывал Галлей. С тех пор ее называют кометой Галлея. Это было первое появление кометы, предсказанное заранее. Фактически эту комету видели при каждом ее возвращении к Солнцу начиная с 240 г. до н.э., и вполне возможно, что именно ее видели китайские наблюдатели небес еще в 1059 г. до н.э. Самое последнее ее появление происходило в 1985–1986 гг. Следующее возвращение кометы Галлея во внутреннюю Солнечную систему ожидается в 2061 г., а наблюдать ее можно будет с 2060 по 2062 г.

Предсказуемые, или периодические, кометы обходят свою орбиту вокруг Солнца за срок от 3 до примерно 200 лет, причем эти орбиты лежат внутри нашей планетной системы. Самый короткий орбитальный период имеет комета Энкс, которую впервые наблюдали в Париже в 1786 г. Эта комета была затем вновь открыта в 1795, 1805, и 1818 гг. И.Ф.Энке (1791–1865) рассчитал орбиту кометы 1818 г. и связал ее с предыдущими появлениями. Он пред-

сказал очередное возвращение кометы в 1822 г., и она действительно была обнаружена снова. Период обращения этой кометы вокруг Солнца составляет всего 40 месяцев.

Новые кометы

Непредсказуемые кометы являются к нам из областей космоса, лежащих далеко за пределами царства планет. Хотя они сами являются членами Солнечной системы, им требуются миллионы лет, чтобы добраться до нас из самых удаленных ее глубин. Когда какая-нибудь из них появляется, она проносится мимо Солнца за считанные недели, а затем возвращается примерно в то же место, откуда явилась. Приближаясь к Солнцу, комета вспыхивает, потому что под действием солнечных лучей частично выкипает ее газ — от этого у кометы и возникает хвост.

Всего известно менее 1000 комет. Многие новые кометы найдены астрономами-любителями, которые внимательно ищут их, пользуясь небольшими телескопами. Обнаружение комет требует большой сноровки и терпения. Сначала тебе необходимо ознакомиться с расположением на небе всех расплывчатых объектов — таких, как галактики и туманности. Только после этого ты сможешь зафиксировать появление нового объекта, не поднимая ложного шума. Многие исследователи встают ни свет ни заря, пока еще темно, и тщательно прочесывают предрассветное небо. Самые активные охотники за кометами могут рассчитывать на успех примерно раз в два года.

Астрономы-профессионалы иногда находят новую комету совершенно случайно, когда она вдруг обнаруживается на фотографии, сделанной совсем с другими целями. Один космический телескоп — Инфракрасный астрономический спутник (ИКАС) — открыл шесть комет, обнаружив тепловое излучение, исходящее от окружающей их нагретой пыли.

О подозрениях на новую комету немедленно сообщают в Смитсоновскую астрофизическую обсерваторию в Кембридже (Массачусетс, США). Как только другие астрономы подтвердят правильность открытия, эта информация рассылается по всемирной компьютерной сети всем, кто интересуется наблюдением комет.

Наименование комет

Как только комета открыта, ей дается наименование. Если несколько человек сообщают об открытии независимо друг от друга, то комете присваиваются имена лишь первых трех из тех, кто связался с отделом комет обсерватории в Кембридже (Массачусетс). Несколько комет, например, комета Галлея и комета Лекселя, были названы в честь математиков, рассчитавших их орбиты. Кометы, открытые летающей обсерваторией ИКАС, названы по имени этой обсерватории. Перед названием комет с коротким периодом, обращающихся по эллиптическим орбитам вокруг Солнца, ставится «P/».Формально комета Галлея называется так: P/Галлея.

Кометное облако

Когда комета возвращается к Солнцу, она теряет часть своего вещества из-за выделения тепла и образования хвоста. В конечном счете комета сгорает целиком. На самом деле комета Галлея сейчас не такая яркая, как прежде. Периодические кометы полностью разрушаются менее, чем за миллион лет. Это совсем немного по сравнению с возрастом Солнечной системы. На место сгоревших комет откуда-то должны являться новые.

Когда открывают совершенно новые кометы, можно утверждать, что им пришлось преодолеть расстояние не менее 50 000 а. е. (около 7,5 миллионов миллионов км), чтобы достигнуть внутренней Солнечной системы. Некоторые астрономы предполагают, что Солнце окружено кометной оболочкой, которая простирается на четверть расстояния до ближайшей звезды. Это кометное облако, которое нельзя увидеть ни в какой телескоп, обозначает границу Солнечной системы. По мнению других астрономов, источником планет является пояс Койпера, расположенный значительно ближе.

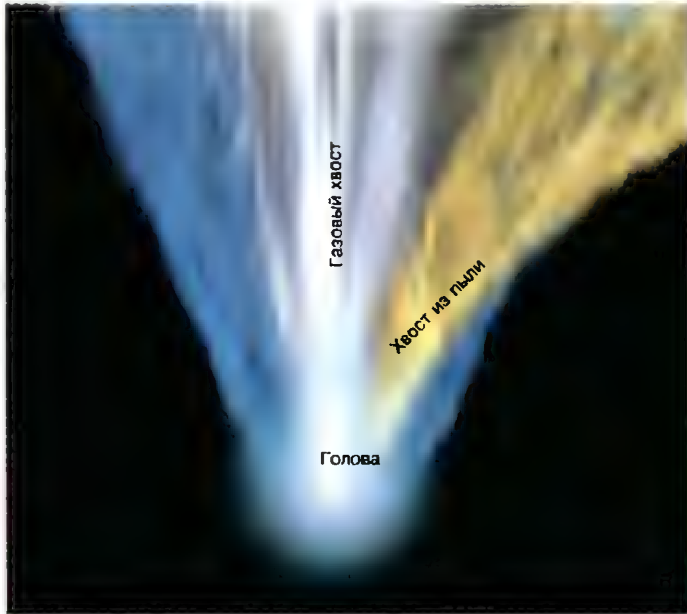
Кометы как бы вытряхиваются из отдаленного облака или пояса Койпера по мере того, как Солнечная система совершает круговое движение внутри галактики Млечный Путь. Действие гравитационных сил Галактики вынуждает кометы целыми сгустками покидать облако и падать в сторону Солнца. Кометное облако содержит около 100 миллиардов комет.

Когда новая комета достигает областей планет, возникает опасность чересчур сильного приближения к Юпитеру. Под действием сил тяготения этой массивной планеты комета может сойти со своей первоначальной орбиты и оказаться пойманной в ловушку значительно меньшей эллиптической орбиты; именно таким путем семейство периодических комет пополняется новыми членами.

В гости к комете

Космические корабли наносили визиты трем кометам. В 1978 г. космический зонд прошел сквозь хвост кометы Джакобини — Циннера. Во время возвращения в 1986 г. кометы Галлея была запущена целая флотилия кораблей: два российских космических корабля пересекли газовый хвост, а японский корабль наблюдал водородное облако вокруг кометы Галлея. Европейский космический корабль «Джотто» сумел проскользнуть возле самого ядра, сделав фотографии, на которых видна угольно-черная поверхность кометы и фантастические струи газа, вырывающиеся изнутри. В 1992 г. «Джотто» приблизился ко второй комете, Григга — Скьеллерупа. В будущем ученые планируют осуществить полет к какой-нибудь периодической комете с тем, чтобы космический корабль сумел взять пробы вещества из ядра и доставить их на Землю. Европейское космическое агентство намеревается запустить зонд к периодической комете, которая должна приблизиться к нам около 2011 г.





△ Кометы, которые периодически возвращаются к нам, путешествуют сквозь Солнечную систему по эллиптическим орбитам. Показанная здесь орбита кометы Галлея — это сильно вытянутый эллипс.

◁ Голова кометы содержит ядро, состоящее из льда, пыли и камня. Ядро окружено облаком пыли и газа, называемым комой. У многих комет образуется два хвоста. Газовый хвост всегда направлен в сторону, противоположную Солнцу, а хвост из пыли загибается вбок.

КОМЕТА ВРЕЗАЕТСЯ В ЮПИТЕР

Комета Шумейкера — Леви 9, открытая в 1933 г., была в высшей степени необычной. Сила притяжения гигантской планеты Юпитер захватила эту комету на вытянутую орбиту вокруг Юпитера. Когда в 1922 г. комета очень близко подошла к Юпитеру, приливные силы разорвали ее на 20 с лишним отдельных кусков, каждый из которых продолжал движение по собственной орбите. Разорванная комета выглядела, как нитка жемчуга. В конце июля 1994 г. все фрагменты врезались прямо в Юпитер, произведя фантастические эффекты в его атмосфере. Впервые астрономам удалось оказаться свидетелями столкновения кометы с планетой.





◁ Этот крупный план ядра кометы Галлея был получен космическим кораблем «Джотто» с расстояния в несколько тыс. км. Очень темное ядро имеет 15 км в длину и 8 км в ширину. Видны струи газа и пыли, вырывающиеся из отверстий на поверхности

НЕКОТОРЫЕ ЗАМЕЧАТЕЛЬНЫЕ КОМЕТЫ

Комета Аренда-Ролана (1957) была одной из самых известных комет XX в. У нее образовался острый выступ в направлении Солнца.

Комета Биэлы (1772) в течение XIX в. расщепилась на две; будучи периодической, она тем не менее затем исчезла в 1852 г.

Комета Дневного света (1910) была хорошо видна даже днем. Она появилась за несколько месяцев до возвращения кометы Галлея в 1910 г.

Комета Донати (1858) была сверкающей кометой, образовавшей искривленный пылевой хвост и два тонких газовых хвоста.

Комета Энке (открыта в 1786 г.) имеет очень короткий орбитальный период — всего 40 месяцев, поэтому ни одну другую комету не наблюдали так часто, как комету Энке.

Комета Галлея — ее наблюдают дольше всех других комет.

Комета Икейя-Секи (1965) — самая последняя по времени появления комета из тех, что были хорошо видны.

Комета Когоутека (1973) была открыта, когда она находилась прямо на орбите Юпитера. Некоторое время думали, что она станет кометой века, но, к сожалению, она так и не вспыхнула, приблизившись к Солнцу.

Астероиды



Между орбитами Марса и Юпитера располагаются многие тысячи мелких объектов, состоящих из каменных пород. Самый крупный из них достигает почти 1000 км в поперечнике, но подавляющая часть имеет значительно меньшие размеры. Это просто камни, оставшиеся еще с той поры, когда формировались планеты.

1 января 1801 г. итальянский астроном Джузеппе Пиацци (1746–1826) обнаружил небольшое небесное тело, летающее по орбите между Марсом и Юпитером. В то время он составлял звездную карту и вдруг заметил, что одна светящаяся точка, которую он уже нанес на карту этой части неба, теперь переместилась в другое место. Эта движущаяся «звезда» оказалась первым астероидом, ученый назвал его Церерой. Диаметр Цереры 913 км, она значительно крупнее других астероидов. Тем не менее это очень маленькое небесное тело в сравнении со всеми планетами и многими их лунами. Радиус нашей Луны почти вчетверо больше. Несколько лун Солнечной системы превосходят Цереру по величине. По этой причине Цереру и прочие объекты между Марсом и Юпитером называют малыми планетами.

Теперь известно много малых планет, или астероидов. Почти всем им требуется от трех до шести лет, чтобы сделать полный оборот вокруг Солнца. Они роятся между Марсом и Юпитером, в зоне, называемой поясом астероидов. Еще один подобный пояс был открыт в 1993 г. за Нептуном.

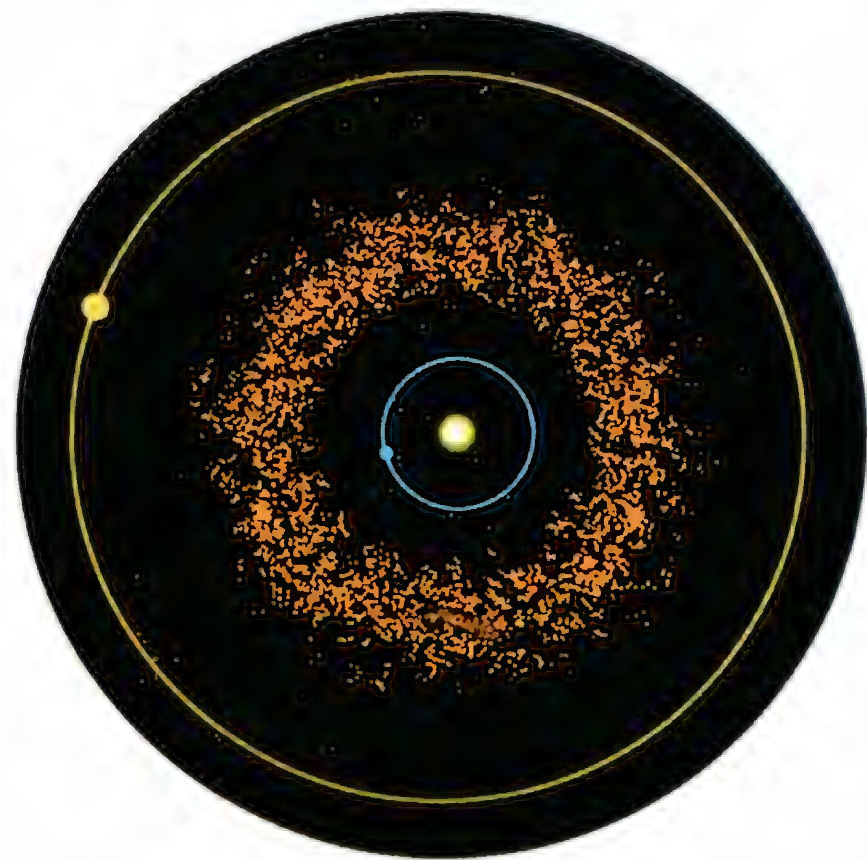
Самые крупные астероиды имеют от 20 до 100 км в поперечнике. Церера и еще несколько больших астероидов являются исключением, превосходя по величине некоторые планетарные луны. Размер же большинства известных астероидов — менее 20 км. Астрономы считают, что в поясе астероидов курсируют миллионы каменных глыб, обломков и песчаных зерен.

Троянцы

Астероиды нередко попадают в плен, если забредают слишком близко к Юпитеру. Есть две группы астероидов, путешествующих по Солнечной системе перед Юпитером и за ним; их называют троянцами. Изредка какой-нибудь из них соскакивает прямо в поле притяжения Юпитера и тогда превращается в его крошечный спутник.

Беспорядок в Солнечной системе

Математики обнаружили, что некоторые астероиды могут путешествовать по самым разнообразным и причудливым маршрутам. Большие планеты Солнечной системы то и дело стаскивают их с орбит. Астероиды могут внезапно покинуть свою орбиту, а затем устремиться к Солнцу. Астрономы уже нашли более 1000 астероидов, чьи орбиты пересекают ежегодный путь Земли вокруг Солнца. Вполне возможно, что самые маленькие спутники в Солнечной системе — это астероиды, захваченные силой притяжения планет-хозяев.



◁ Таково точное расположение всех известных астероидов на 8 апреля 1992 г. На схеме изображены орбиты Земли и Юпитера. Есть и такие астероиды, орбиты которых пересекают земную.

АСТЕРОИДЫ В ЦИФРАХ

- Самый крупный: Церера, диаметр 913 км.
- Самый мелкий из известных: 1991 ВА, диаметр 9 м.
- Самый темный: 95 Арктуза — черный, как уголь.
- Наибольшее приближение к Земле: 1991 ВА, 170 000 км.
- Наибольшее приближение к Солнцу: Икар и Фаэтон. Оба подходят к Солнцу ближе Меркурия.
- Наиболее удаленный астероид: возможно, это Хирон, открытый в 1977 г. Его орбита целиком лежит между Сатурном и Ураном, а диаметр — около 200 км. Он может быть погасшей кометой или вырвавшимся на волю спутником Сатурна.



◁ Космический корабль «Галилей» сделал этот снимок астероида Ида в 1993 г. с расстояния около 2400 км. Длина Иды примерно 52 км. На ее поверхности имеются многочисленные мелкие кратеры, возникшие от ударов метеоритов.

Встреча с астероидами

Земные телескопы не дают возможности разглядеть какие бы то ни было черты поверхности астероидов ввиду их малых размеров и сильной удаленности. Однако космический корабль «Галилей», направляясь к гигантской планете Юпитер, сумел по пути приблизиться к двум астероидам, Гаспре и Иде. По форме Гаспра напоминает картофелину, на ее поверхности есть несколько небольших кратеров, возникших, скорее всего, давным-давно в результате ударов метеоритов. Совершенно очевидно, что когда-то в прошлом этот каменный мирок потерпел огромный ущерб. Ученые считают, что в столкновениях с другими астероидами из Гаспры были вырваны два больших куска. У большинства астероидов форма неправильная. В компании с Идой летает ее крошечная мини-луна размером всего в 1,5 км.

Изучая астероиды, ученые надеются побольше узнать о том материале, из которого образовались планеты.

Небесные тела вблизи Земли

В недавнем прошлом (в астрономических масштабах, конечно) в Землю врезались кометы и астероиды. Возраст Метеоритного кратера в Аризоне — всего 50 000 лет. Событие на Тунгуске в Сибири произошло в 1908 г. По всей вероятности, это был взрыв астероида или закончившей свое путешествие кометы. Взрывная волна уложила деревья на площади диаметром более 100 км.

Если бы взрыв, подобный Тунгусскому, произошел в наше время в населенной местности, он имел бы катастрофические последствия. В 1991 г. небольшой астероид пронесся на расстоянии 170 000 км от Земли. В ближайшем будущем несколько известных астероидов должны пройти на расстоянии меньше 1 млн км от Земли. Астрономы затрачивают немалые усилия на исследование подобных небесных тел, чтобы заранее определить те из них, которые могут подойти к нам на опасно близкое расстояние. Не исключено, что к такому объекту будет послана ядерная бомба, чтобы оттолкнуть астероид от нашей планеты, переведя его на более удаленную орбиту.

Уже 150 из 10 000 известных астероидов оказывались очень близко от Земли. Некоторые из них — просто большие камни, которые не причинили бы нам заметного вреда. Космический телескоп, предназначенный для исследования небольших астероидов, обнаруживает объекты менее 30 м, а иногда — и менее 10 м в поперечнике. Такой небольшой камень сталкивается с Землей в среднем один раз в течение человеческой жизни и опасности не представляет.

Некоторые из ближайших к Земле астероидов будут исследованы в ходе космических программ до 2007 г. На этих астероидах могут быть обнаружены минеральные вещества, представляющие на Земле большую ценность.

Что касается Земли, то астероид диаметром 1 км врезается в нее в среднем раз в 100 000 лет. Столкновение с таким большим астероидом могло бы иметь катастрофические последствия для всего земного шара.

Эпоха динозавров закончилась одновременно с тем, как 65 миллионов лет назад небольшой астероид упал на полуостров Юкатан, в теперешней Мексике. От взрыва высоко в атмосферу взметнулись обломки, по всей Земле вспыхнули пожары. Шаровые молнии, возникшие при взрыве, сыграли роль пускового механизма в глобальном кризисе среды обитания. В результате происшедших климатических изменений две трети живших в то время видов было стерто с лица Земли. Не выжило ни одно животное весом более 30 кг. Мелкие млекопитающие размером с мышь выжили, вероятно, только потому, что прятались в норах. Считается, что все нынешние млекопитающие являются потомками тех маленьких животных.

Из всех небесных тел, изучаемых астрономами, только астероиды и кометы способны таким образом воздействовать на Землю, грозя ей катастрофой. Однако вероятность того, что подобная вещь может действительно случиться, очень мала. Значительная часть человечества подвергается гораздо большему риску из-за землетрясений, извержений вулканов, болезней и голода.

Метеориты



Метеориты — это камни, падающие с неба. Большей частью они остались от эпохи образования Солнечной системы, но некоторые из них являются к нам с Луны и даже с Марса.

Между планетами находится удивительно большое количество космического мусора. Чаще всего это остаточный материал, образовавшийся при формировании планет, но некоторая его часть имеет относительно недавнее происхождение, как, например, пыльные хвосты, оставленные кометами. Для обозначения этого материала астрономы используют три похожих слова: метеорное тело, метеор и метеорит.

Метеорное тело — это кусок камня или скопление пыли в космическом пространстве. Поверхность Земли постоянно бомбардируется небесными телами самых разных размеров: от частиц пыли до камней весом в несколько килограммов. Эти тела врываются в атмосферу со скоростью 60 000 км/ч и более. В результате трения о воздух объекты раскаляются и вспыхивают огненно-красным светом. Метеор — это видимый след в небе, оставляемый вспыхнувшим объектом при его вхождении в атмосферу. Эти следы называют также падающими звездами. Метеорное тело, достигающее земной поверхности, называется метеоритом. Нередко метеоритам дают названия по тому месту, где они упали.

Метеорные потоки и метеорные дожди

Совершая свое ежегодное путешествие вокруг Солнца, Земля сметает на своем пути около 1000 тонн космических камней и пыли. Значительная часть этого материала совершает вращение в Солнечной системе в виде потоков, которые возникают, когда комета, проносясь сквозь Солнечную систему, оставляет за собой хвост каменного мусора. Когда Земля проходит сквозь такой поток, на небе бывают видны метеорные дожди. От крупинок пыли, сгорающих в атмосфере, на небе вспыхивают яркие черточки, которые кажутся исходящими из одной точки. Появление метеорных дождей можно довольно точно предсказывать, поскольку Земля ежегодно пересекает метеорные потоки более или менее в одно и то же время.

Метеориты

Камни, которые благополучно достигают Земли, пролетев, объятые пламенем, сквозь всю атмосферу, — явление не столь уж частое. Приблизительная оценка ежегодного количества такого материала, падающего на поверхность Земли, — 200 тонн, причем почти все это — в виде очень мелких крупинок пыли. Новых метеоритов каждый год находят всего лишь около 20 штук. Радиоактивность метеоритов показывает, что они образовались 4,6 миллиарда лет назад как часть Солнечной системы. Поскольку они представляют собой образцы первичного материала ранней стадии Солнечной системы, метеориты очень ценны для ученых, изучающих планеты.

Существует три главных типа метеоритов: те, что состоят главным образом из железа; затем каменно-железные, в которых доля металла составляет от одной трети до половины объема; и, наконец, каменные, в которых может содержаться лишь небольшое количество металла. Железные метеориты распознать легче всего, поскольку они очень плотные и прочные. Каменные метеориты представляют большой интерес потому, что они никогда сильно не разогревались (если не считать их краткого падения сквозь атмосферу). Это означает, что с момента своего образования они практически не изменились. Следовательно, их химический состав сходен с химическим составом ранней Солнечной системы.

До сих пор не зафиксировано ни одного случая гибели людей от метеоритов, хотя были случаи близкой опасности. Один метеорит упал 31 августа 1991 г. менее чем в 4 метрах от двух мальчиков. Это случилось в Ноблесвиле, Индиана (США). От удара этого метеорита образовался кратер глубиной 4 см и диаметром 9 см. В том же году другой метеорит пронесся совсем рядом с человеком, работавшим в своем саду в Питерборо (Англия). В октябре 1992 г. большой метеорит разбил пустой автомобиль в штате Нью-Йорк (США).

Крупные метеориты оставляют значительные кратеры. Лучше всего сохранился кратер в Аризоне, поскольку сухой климат пустыни предохранял его от эрозии с момента образования около 50 000 лет назад. Это, однако, всего лишь один из 140 земных метеоритных кратеров, многие из которых имеют гораздо большие размеры. Возраст одного из самых больших кратеров, Маникугана, в Квебеке (Канада), составляет 200 миллионов лет, а его диаметр — 100 км.

В настоящее время основным источником метеоритов для научного анализа является ледниковый покров Антарктиды. Там их удалось собрать уже тысячи. Пролежав в глубине снегов и льдов до миллиона лет, они обнажились и были найдены на поверхности материка в тех местах, где сильные ветры сорвали ледяные шапки. Сухие каменистые пустыни Западной Австралии и Намибии также являются важным источником древних метеоритов.



◁ Метеоритный кратер в Аризоне (США). Его ширина 1,2 км, глубина — 183 м.





△ След метеора на фотографии с большой выдержкой. Многочисленные ровные параллельные линии с разрывами — это следы, оставленные звездами, которые постепенно перемещались по небу во время экспозиции. А след метеора вспыхнул всего на несколько секунд.

НЕКОТОРЫЕ ВАЖНЫЕ МЕТЕОРНЫЕ ДОЖДИ

Название	*Когда бывают видны*	*Максимальная активность*
Квадрантиды	1–5 января	3 января
Эта-Аквариды	19 апреля — 28 мая	3 мая
Дельта-Аквариды	8 июля — 19 августа	28 июля
Персеиды	17 июля — 24 августа	12 августа
Ориониды	2 октября — 7 ноября	21 октября
Геминиды	7 — 17 декабря	14 декабря



▽ Железный метеорит, разрезанный поперек. Поверхность среза обработана специальным способом, чтобы показать рисунок кристаллов железа и никеля внутри метеорита.

ПОСМОТРИ НА МЕТЕОРНЫЙ ДОЖДЬ

Изредка бывают исключительные метеорные ливни, когда вспыхивают десятки и даже сотни метеоров в минуту, но типичный дождь — это около 50 метеоров за час. Если хочешь увидеть метеорный дождь, запомни, что самый надежный из них — Персеиды. Активность Персеид максимальна с 10 по 14 августа; тогда можно увидеть до 75 метеоров за час. Легче всего наблюдать метеоры, когда на небе нет Луны, причем начиная с полуночи. Смотреть можно в любую область неба. Кажется, что метеоры во время конкретного дождя исходят из одного и того же места на небе. Например, Персеиды исходят из созвездия Персей. Перед началом наблюдений советуем тебе не меньше 20 минут побыть в темном помещении, чтобы глаза как следует привыкли к темноте. На таблице слева указаны периоды метеорных дождей и в другие месяцы года.

Камни с Луны и Марса

Среди метеоритов из Антарктиды встречаются редкие экземпляры. Некоторые из них сходны с камнями, доставленными с Луны. Ученые считают, что они были выброшены из слабого поля тяготения Луны ударом астероида около 100 000 лет назад. Небольшое количество еще более редких метеоритов, возможно, прибыло к нам с Марса. Этим камням, вероятно, около 1,3 млрд лет, и они, по-видимому, были извергнуты в космическое пространство в результате удара колоссальной силы. Недавно геологам удалось выделить единственную каплю воды из марсианского метеорита. Это образец воды тех океанов, что когда-то существовали на этой, ныне сухой, планете.

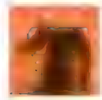


▷ Подъем метеорита из антарктического ледяного покрова.

Солнце и звезды

Почему Солнце такое горячее? В каком месте неба можно увидеть фабрику по производству звезд? Какова разница между белым карликом, черной дырой и красным гигантом? Звезды — это гигантские шары раскаленного газа. В глубинах звезд образуется ядерная энергия. Звезды рождаются в газовых облаках космического пространства. В конце концов они либо взрываются, либо просто угасают.

Межзвездное вещество

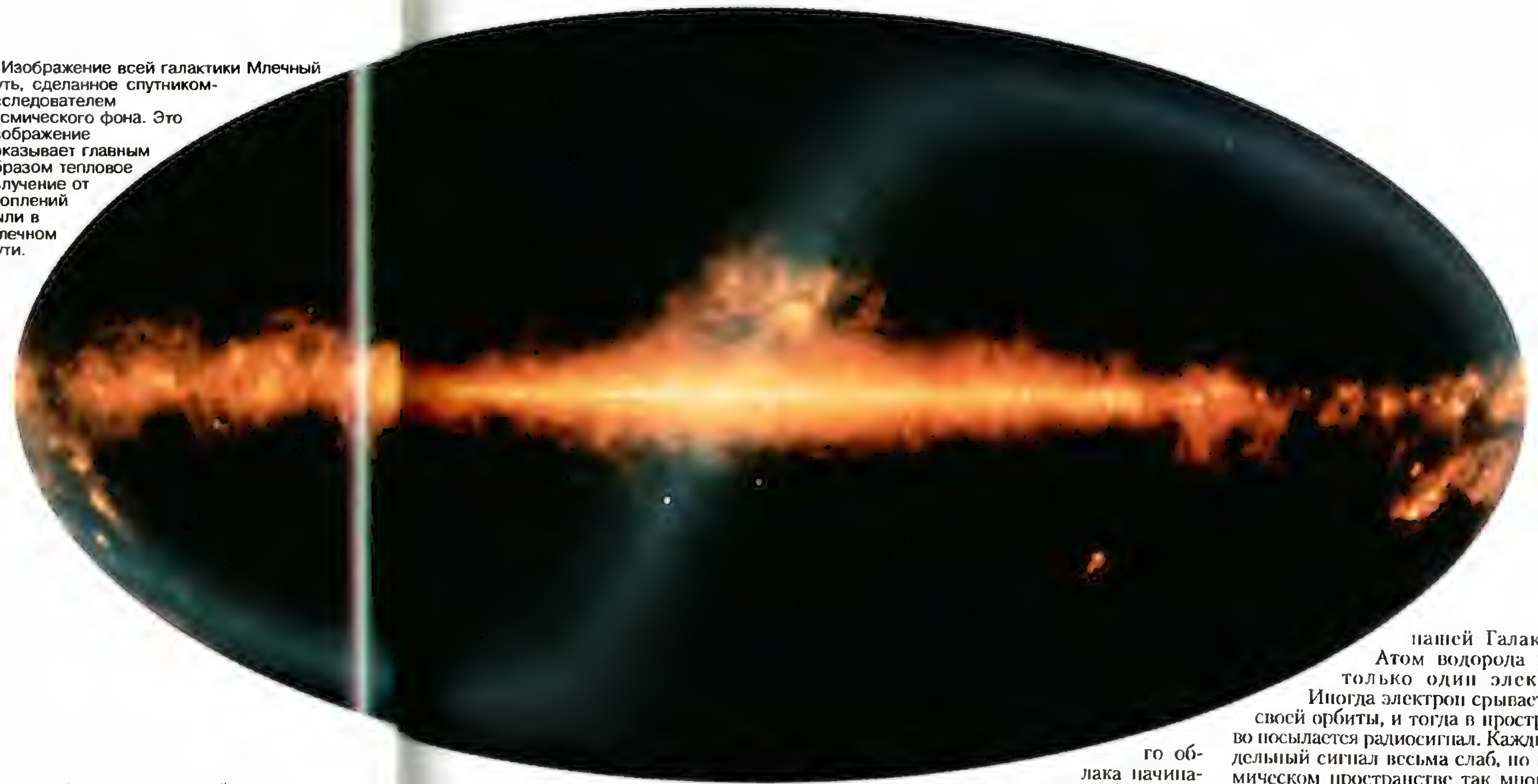


Пространство между звездами не пусто. Гигантские скопления и вращающиеся массы газа и пыли образуют красивые ярко светящиеся облака вещества. Такие облака называются туманностями, и многие из них являются теми самыми местами, где зарождаются новые звезды. В туманности Ориона новые звезды образуются прямо сейчас.

Чтобы увидеть облака пыли Млечного Пути невооруженным глазом, тебе придется дождаться такой ночи, когда на небе не будет Луны, и выбрать для наблюдения место, удаленное от ярких огней больших и малых городов. Тогда ты сможешь различить слабо светящуюся полосу, проходящую через все небо, шириной примерно с твою ладонь на расстоянии вытянутой руки.

Лучше всего наблюдать Млечный Путь в южном полушарии, но летними ночами его нетрудно видеть и в северном. Световую дымку пересекают «щели» и «дырки», хорошо видные на фотографиях.

В течение долгого времени астрономы считали, что эти темные пятна на Млечном Пути представляют собой как бы туннели среди звезд. Теперь мы знаем, что это абсолютно неверно. В действительности области с небольшим количеством звезд являются облаками газа и пыли. Мелко раздробленная пыль и газ рассеяны там, в глубинах космоса, и загораживают от нас звезды Млечного Пути. Как много этого тумана находится в далеком пространстве? Он заслоняет так много света, что, если бы нам удалось каким-то образом сдуть его прочь, ты смог бы с легкостью читать ночью книгу при ярком свете одного лишь Млечного Пути.



▷ Изображение всей галактики Млечный Путь, сделанное спутником-исследователем космического фона. Это изображение показывает главным образом тепловое излучение от скоплений пыли в Млечном Пути.

▽ Крупный план центральной части Млечного Пути; снимок сделан инфракрасным астрономическим спутником. Видны газ и пыль, сконцентрированные в виде узкой полосы.

Действие пыли в космосе

У нас на Земле заходящее Солнце кажется красным, поскольку пыль, содержащаяся в воздухе, рассеивает синий свет сильнее, чем красный. Так что через такой мглистый воздух большая часть красных лучей проходит, а синих — нет. Аналогичным образом обстоит дело и в космосе. Туман в космическом пространстве не только делает звезды более тусклыми — из-за него они выглядят и более красными. Вблизи центра нашей Галактики, в созвездии Стрельца, пыли так много, что сквозь нее свет вообще не проходит, поэтому центр Галактики нам абсолютно не виден. Чтобы проникнуть через эти плотные облака пыли и узнать все-таки, что же происходит в самом сердце Млечного Пути, астрономам приходится прибегать к помощи радиотелескопов и инфракрасных телескопов.

Под действием звездного света крупинки пыли в космическом пространстве немного разогреваются, особенно в окрестности очень горячих звезд. В специальные инфракрасные телескопы можно видеть, как частицы пыли излучают тепло, и это дает нам возможность заглянуть внутрь пыльных облаков. Когда под действием гравитационных сил часть газового или пыльного облака начинает сжиматься, облако вынуждено отдать часть своей энергии. Таким образом, коллапс (сжатие) облака высвобождает энергию. Эта энергия видна как инфракрасное излучение.

Звездная пыль

Пыль, находящаяся в Млечном Пути, — это звездная пыль. Наружные слои гигантских звезд уносятся в космическое пространство. Старые звезды взрываются и рассеивают в пространстве атомы кислорода, углерода и железа. Кремний и железо способны образовывать крошечные кристаллики, которые затем перемещаются в пространстве, обретая там покрытие из кислорода, углерода и азота. Эти маленькие крупинки представляют собой миниатюрные химические заводы. На поверхности пылевых частиц атомы, например, углерода и кислорода, прикрепляются друг к другу, образуя молекулы — скажем, окиси углерода.

Алло! Водород вызывает Землю!

Наиболее распространенным веществом в межзвездном пространстве, да и вообще во Вселенной, является водород. Радиоастрономы слышат шум, производимый этим газом во всех частях нашей Галактики. Атом водорода имеет только один электрон. Иногда электрон срывается со своей орбиты, и тогда в пространство посылается радиосигнал. Каждый отдельный сигнал весьма слаб, но в космическом пространстве так много водорода, что астрономам удается получить общий, суммарный эффект от всего водорода в виде излучения с длиной волны 21 см. Водородные карты Млечного Пути обнаруживают красивую спиральную форму нашей Галактики с большим количеством водорода, находящегося в ее спиральных рукавах.

Водородные облака вращаются в Галактике точно так же, как планеты обращаются вокруг Солнца. Скорость перемещения водородного облака зависит от того, как далеко находится оно от центра нашей Галактики. Исходя из скоростей водородных облаков мы можем вычислить общий объем и форму Галактики.

Туманности, излучающие свет

Межзвездные облака в основном состоят из водорода. В глубинах космоса они слишком холодны, чтобы светиться. Но иногда водородное облако окружает горячую звезду. И тогда туманность предстает перед нами в виде облака раскаленного газа. Звезда разогревает водород до тех пор, пока он не начинает светиться розоватым светом. В Большом Магеллановом облаке находится огромная самосветящаяся туманность, излучающая розовый свет.

Туманности, поглощающие свет

Межзвездное облако может оказаться чересчур холодным для того, чтобы излучать свет. И даже наоборот: холодное облако может поглощать свет ярких объектов (например, звезд), находящихся за ним. В этом случае мы видим его как темный силуэт на светлом фоне. «Угольный мешок», темное пятно в южной части Млечного Пути — это видимая невооруженным глазом туманность, поглощающая свет.

Туманности, отражающие свет

Иногда холодное облако в космическом пространстве может оказаться видимым из-за того, что пыль, из которой оно состоит, отражает свет ближайших звезд. Пыль образует ажурную отражающую туманность вокруг самых ярких звезд скопления под названием Плеяды. Туманности, отражающие свет, на фотографиях выглядят голубыми.

Межзвездная среда

Вещество, находящееся в пространстве между звездами, называется межзвездной средой. Большая его часть сконцентрирована в спиральных рукавах Млечного Пути. Температура межзвездного вещества колеблется от нескольких градусов выше абсолютного нуля в самых холодных облаках пыли до миллиона градусов в самых горячих газовых облаках.

Если бы ты отправился в космос к спиральному рукаву Галактики, ты обнаружил бы там всего около одного атома газа в кубическом сантиметре. В кубическом километре пространства оказалось бы несколько сотен пылинок. Таким образом, межзвездная среда очень сильно разрежена. Однако в плотных облаках концентрация вещества может быть в 1000 раз выше средней. Но и в плотном облаке на кубический сантиметр приходится всего несколько сотен атомов. Причина, по которой нам все же удается наблюдать межзвездное вещество, несмотря на столь сильную его разреженность, состоит в том, что мы видим его в большой толще пространства. В обычной спиральной галактике межзвездное вещество составляет от 5 до 10 процентов всей видимой материи.

Наша Солнечная система находится в той области Галактики, где плотность межзвездного вещества необычайно низка. Эта область называется Местным «пузырем»; она простирается во все стороны примерно на 300 световых лет. Возможно, что большая часть всего вещества, какое могло бы находиться вблизи Солнца, была унесена прочь под действием какихто процессов. Одна из предложенных идей состоит в том, что когда-то давно в окрестностях Солнечной системы произошел колоссальный взрыв нескольких больших звезд. И межзвездный газ был отброшен взрывной волной в отдаленные области космического пространства.





▽ ▷ На снимке внизу слева показана Тройная туманность. Видны самосветящиеся (красного цвета) и отражающие (голубые) облака. Великолепная туманность Конская голова в созвездии Орион (внизу в центре) — это темная, поглощающая туманность, хорошо видная на светлом фоне. Объект Ро в созвездии Змееносца (справа) также содержит как излучающие, так и отражающие облака.

Гигантские молекулярные облака

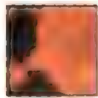
Самые массивные объекты Млечного Пути — это гигантские молекулярные облака. Их масса может превосходить массу Солнца в миллион раз. Туманность Ориона — это всего лишь часть гигантского молекулярного облака, которое примерно в 500 раз массивнее нашего Солнца. В таинственных глубинах черных облаков астрономы обнаружили совершенно поразительный набор молекул. В этот космический материал входят вода, аммиак и спирт. Имеется также муравьиная кислота — та самая, что бывает у кусачих муравьев, — а также синильная кислота. Многие из этих молекул относятся к разряду органических, поскольку они содержат углерод.

Химия этих удивительных облаков на самом деле очень проста. Разные атомы можно представить себе как части некоего конструкторского набора. Углерод, водород, кислород, азот и другие атомы можно соединить вместе самыми разнообразными способами — так и получаются всевозможные молекулы, которые не разрушаются в облаке из-за его очень низкой температуры. Простые элементы могут соединиться и так, что получаются молекулы аминокислот и белков. На Земле эти же вещества, имеющиеся в природе, соединяются и образуют гигантские молекулы растительных и животных организмов.

Космические лучи

Быстрые атомные частицы, например ядра и электроны, несутся через космос почти со скоростью света. Это так называемые космические лучи. Пока астрономы не могут точно объяснить их происхождение. Возможно, они явились к нам из внутренних областей Галактики, а может быть, были выброшены в пространство в результате звездных взрывов.

Солнце



Солнце — это обычная звезда, ее возраст около 5 миллиардов лет. На поверхности Солнца температура равна примерно 5500°С, но в его центре она достигает 14 миллионов градусов. В солнечном ядре происходит превращение водорода в гелий с выделением огромного количества энергии. На поверхности Солнца имеются пятна, происходят яркие вспышки и можно увидеть взрывы колоссальной силы.

Мы живем в непосредственной близости от настоящей звезды, Солнца, которое находится в центре нашей Солнечной системы. Оно дает Земле тепло и свет, поддерживающие жизнь на нашей планете. Для растений солнечный свет является источником энергии, необходимой для роста. Ископаемое горючее, например уголь, представляет собой разновидность солнечной энергии, отложенной в запас, так как содержащийся углерод был когда-то накоплен растениями.

Для астрономов Солнце — звезда особая, поскольку оно находится так близко — всего лишь в 150 млн км. Однако чтобы преодолеть такое расстояние на автомобиле, потребовалось бы почти 200 лет, так что и до нашей домашней звезды путь весьма неблизкий. Космический аппарат, летящий по прямой, — и тот провел бы в путешествии до Солнца многие месяцы. Свет, перемещающийся в пространстве быстрее всего остального, преодолевает путь от Солнца до Земли за восемь минут с небольшим. Проксима Кентавра, следующая ближайшая к нам звезда, дальше от нас в четверть миллиона раз.

О Солнце мы знаем гораздо больше, чем о любой другой звезде — простонапросто потому, что оно находится так близко. В некоторых больших обсерваториях имеются телескопы, специально предназначенные для изучения Солнца. Астрономы хотят знать, какие процессы происходят на Солнце и каким образом оно воздействует на Землю. Это дает нам представление и о большинстве других обычных звезд.

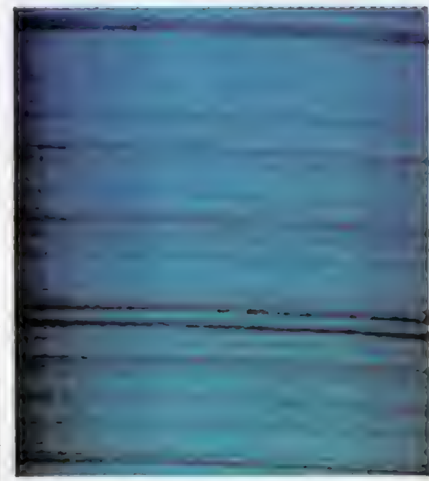
Некоторые ученые полагают, что любое изменение в выработке солнечной энергии неизбежно повлечет за собой изменение климата здесь, на Земле. Следовательно, солнечная астрономия важна как для изучения звезд, так и для предвидения того, каким образом Солнце будет влиять в будущем на среду нашего обитания.

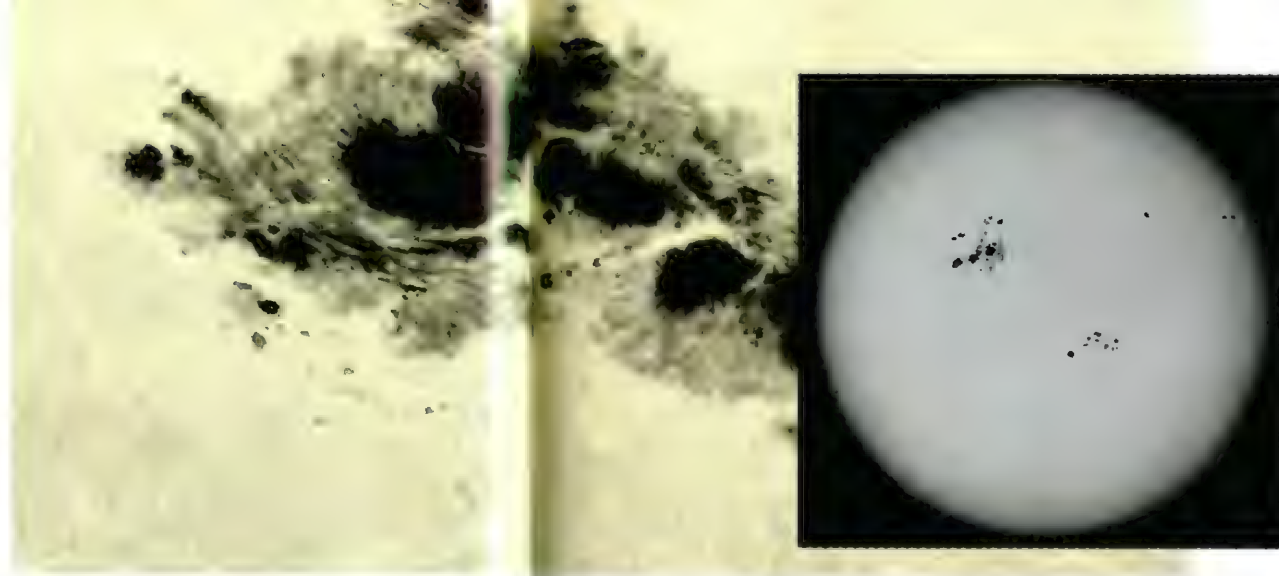


◁ Современная солнечная обсерватория в Тейде (Тенерифе, Канарские острова) расположена высоко на вершине потухшего вулкана. Это главная европейская обсерватория, где изучают Солнце; она находится в сухом, сравнительно безоблачном климате.

ИНФОРМАЦИЯ В СОЛНЕЧНОМ СВЕТЕ

Спектр света, идущего от фотосферы, несет в себе очень много информации. В 1814 г. немецкий физик Йозеф Фраунгофер (1787–1826) обнаружил сотни темных линий, пересекающих спектр. Он составил перечень и описал 700 таких линий. Теперь мы знаем, что причиной появления этих спектральных линий, количество которых исчисляется многими тысячами, является наличие разнообразных химических элементов в относительно холодном слое солнечной атмосферы, расположенном поверх фотосферы. Железо, например, дает множество таких линий, а вклад натрия — пара темных линий в желтой части спектра. Изучая спектральные линии, астрономы могут узнать, какие элементы и в каких пропорциях содержатся на Солнце.





◁ Гигантская группа пятен на Солнце (12 июня 1991 г., дальнее левое изображение) и две гигантских группы солнечных пятен (12 октября 1991 г.). Средняя температура солнечных пятен около 4500°С, они только кажутся темными, поскольку немного холоднее, чем остальная часть фотосферы Солнца. Вообще говоря, солнечные пятна бывают по обе стороны от экватора, но не на самом солнечном экваторе.

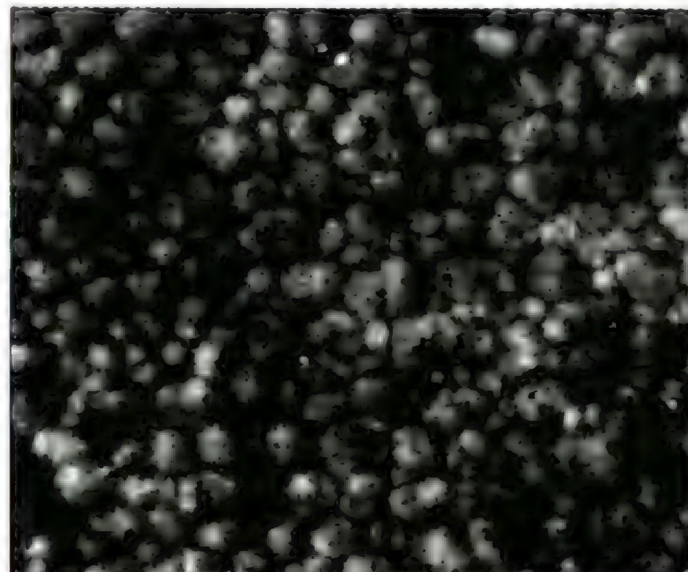
Поверхность

Солнце — это огненный газовый шар, диаметр которого примерно в 109 раз превосходит диаметр Земли. Внутри Солнца могло бы поместиться более миллиона небесных тел размером с Землю. Желтый свет Солнца приходит к нам из слоя солнечной атмосферы, который имеет толщину 500 км и называется фотосферой. Под ним лежат внутренние области Солнца, а выше — прозрачные части наружной атмосферы. Практически вся солнечная энергия, включая тепло и свет, падающие на Землю, приходит к нам от фотосферы, но первоначально производится в глубине Солнца.

Температура фотосферы равна приблизительно 5500°С. Одним из способов вычисления этой температуры является оценка того, насколько горячим должно быть Солнце, чтобы излучать всю ту энергию, которую оно отдает фактически.

Поверхность Солнца — пузырчатая. Эти пузыри, или пена, называются солнечной зернистостью, и разглядеть ее можно только через солнечные телескопы. Эта пузырчатость подобна той, что возникает на закипевшем молоке или мясном соусе. Благодаря конвекции в солнечной атмосфере, тепловая энергия из нижних слоев переносится в фотосферу, придавая ей пенистое строение.

В 1960-х гг. астрономы обнаружили, что верхний слой атмосферы примерно один раз в пять минут поднимается и опускается. Так что Солнце как бы вибрирует, подобно звенящему колоколу. Изучая эти вибрации, астрономы надеются узнать, что представляет собой внутренность солнечного шара.



◁ Пузырчатая структура солнечной фотосферы, называемая зернистостью.

Пятна на Солнце

В поверхностном слое Солнца, где его энергия в конце концов вырывается в виде света, астрономы наблюдают большое разнообразие солнечной активности. Пятна на Солнце являются очевидным ее признаком. Это более холодные и менее светлые области солнечного диска по сравнению с общей яркостью фотосферы.

Самые большие пятна можно иногда увидеть в тот момент, когда Солнце опускается за горизонт, и именно таким образом проводили свои наблюдения китайские астрономы 2000 лет тому назад. Древние астрономы считали, что эти пятна являются эффектом нашей, земной атмосферы, но в XVII в. Галилей опроверг эту идею. Он использовал свой телескоп для исследования солнечных пятен в 1610 г. и сделал много важных открытий. Например, Галилей обнаружил, что пятна могут появляться и исчезать и что они меняются в размере. Проследив за перемещением пятен по солнечному диску, он доказал, что Солнце вращается. Он наблюдал также изменение формы пятен при их приближении к краям видимого диска.

Солнечные пятна имеют более темную центральную часть, называемую тенью. Она окружена менее темной полутенью. Гигантские солнечные пятна — это те области, где мощные магнитные силы пробиваются изнутри Солнца сквозь поверхностные слои. Большие пятна по величине превосходят Землю и могут сохраняться до двух месяцев.

Как смотреть на солнечные пятна

Солнечные пятна можно увидеть с помощью маленького телескопа, приспособив его для получения проекции солнечного изображения. Чтобы случайно не взглянуть на Солнце непосредственно, что очень опасно, окуляр выдвигается немного сильнее, чем обычно. Путем проб и ошибок телескоп направляется на Солнце. После некоторой практики можно получить четкое изображение на куске картона, который следует держать на расстоянии 10–20 см от окуляра.

К картону, на который проектируется изображение, прикрепи лист бумаги и отметь карандашом расположение пятен на Солнце. Повторяя это в течение нескольких дней, ты заметишь, что пятна перемещаются с востока на запад по мере вращения Солнца.



Солнечная активность

Солнце вращается не как твердое небесное тело вроде Земли. В отличие от Земли различные части Солнца вращаются с разными скоростями. Быстрее всего крутится экватор, делая один оборот за 25 дней. При удалении от экватора скорость вращения снижается, и в полярных областях один оборот занимает уже 35 дней. Различные скорости вращения возможны только потому, что Солнце — это газовый шар. Одно из следствий состоит в закручивании магнитного поля Солнца, что увеличивает солнечную активность.

Пятна на Солнце — это лишь один пример солнечной активности. «Погодные явления» в солнечной атмосфере совершенно отличны от земных. Магнитные бури и взрывы, называемые вспышками, внезапно вздымаются над поверхностью Солнца. В некотором отношении они напоминают земные грозы, поскольку высвобождают электрическую энергию. Однако на Солнце энергия гигантских электрических разрядов намного превосходит энергию земных молний. Солнечные бури оказывают влияние на Землю, поэтому астрономы держат Солнце под постоянным наблюдением. Солнечные вспышки взметают электрически заряженные частицы в космос, что удивительным образом воздействует на нашу атмосферу.

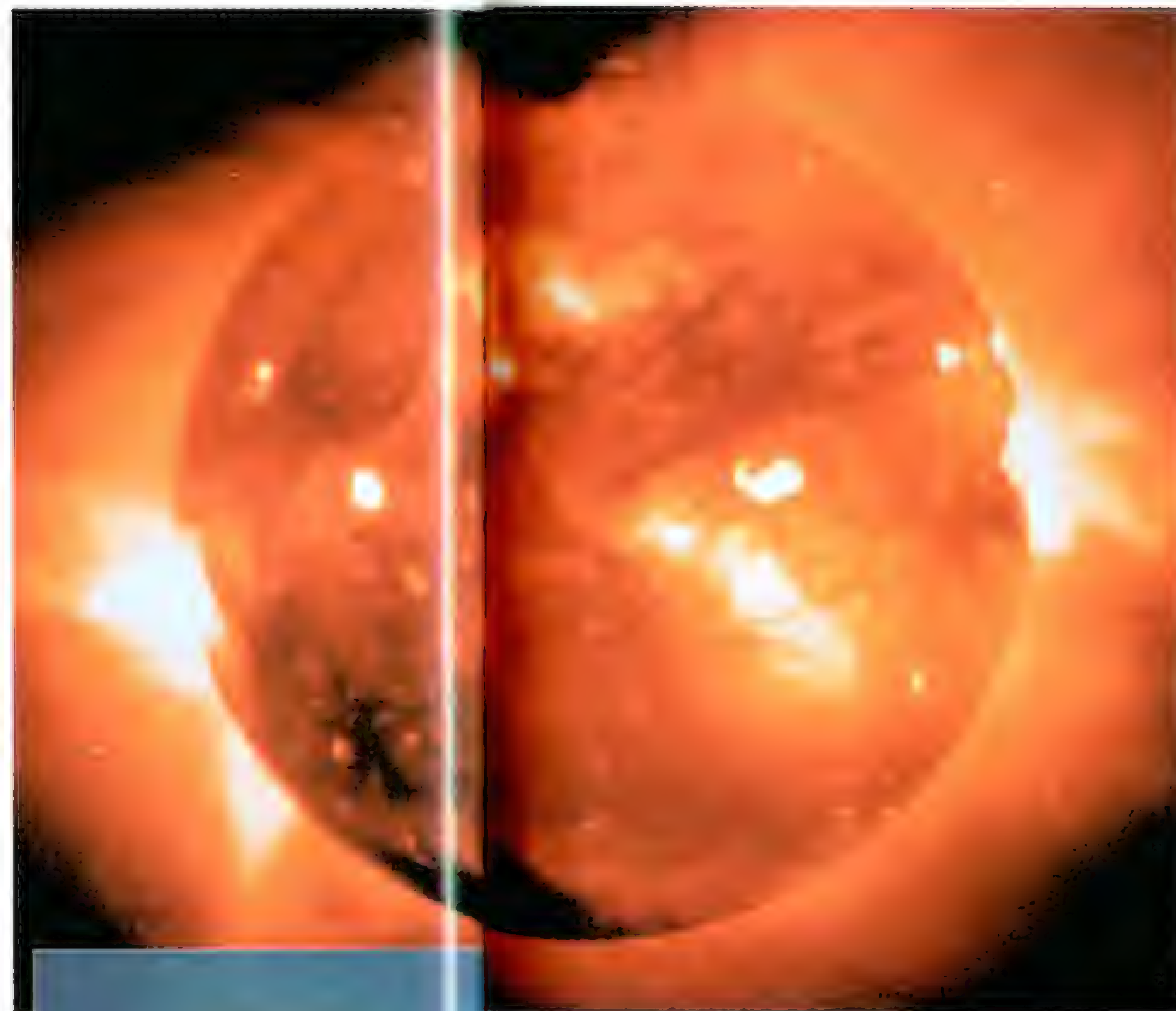
Полярное сияние

Когда потоки электрически заряженных частиц, порожденных солнечными вспышками, достигают Земли, они создают в нашем небе изумительные «занавеси» мерцающего света, которые видны в приполярных областях и называются полярными сияниями. Пляшущие венолохи полярных сияний очень красивы, однако мощные взрывы на Солнце таят в себе и некую опасность. В течение нескольких секунд они выбрасывают больше энергии, чем произвели все земные электростанции за все время своего существования. Гигантская солнечная буря 1987 г. обошлась американцам в 100 миллионов долларов, повредив систему электроснабжения в Северной Америке. Потоки электрически заряженных частиц, летящих от Солнца, выводят из строя электростанции, разрушая их оборудование. Солнечные вспышки опасны и для космонавтов: не следует выходить в открытый космос, когда они происходят. Частицы, выбрасываемые вспышкой и несущие большую энергию, могут нанести вред организму человека.

Возникновение полярного сияния непредсказуемо и, следовательно, наблюдать его довольно трудно. Оно может иметь форму дуг, лучей и занавесей света в темном небе, и никогда эти картины не повторяются. Очень важно, чтобы ночь была безлунной; кроме того, полярное сияние гораздо чаще можно увидеть на крайних северных или южных широтах — например, в Шотландии, Новой Шотландии (провинция Канады) и на Аляске — в северном полушарии, либо на Южном острове Новой Зеландии — в южном полушарии. Полярные сияния вряд ли можно увидеть, когда на Солнце мало пятен.



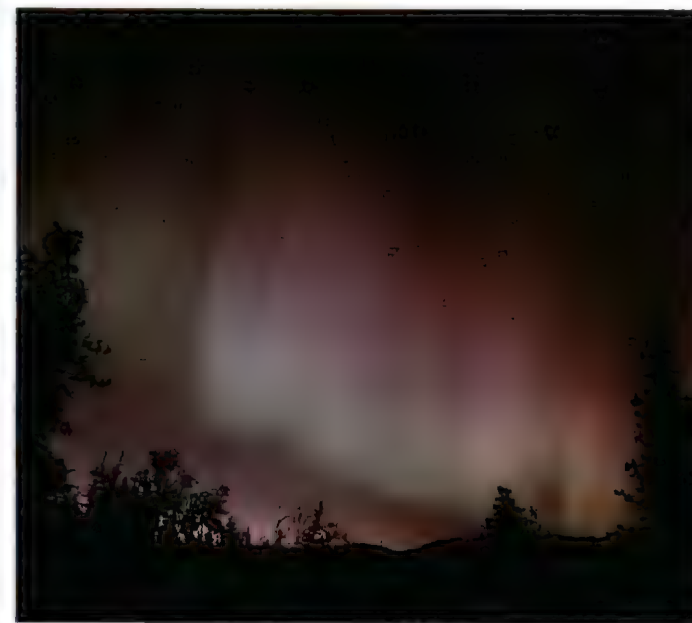
◁ Огромный протуберанец взметнулся в пространство на миллионы километров. Большая часть его вещества упадет обратно на Солнце, но некоторое количество будет отброшено так далеко,что начнет путешествовать по Солнечной системе



◁ Изображение Солнца, сделанное астрономическим рентгеновским спутником «Йоко». Снимок в рентгеновских лучах показывает самые горячие участки солнечной атмосферы, где температура достигает 1 миллиона градусов.



▷ Самый верхний слой Солнца, его корону, можно увидеть во время полного солнечного затмения. Для изучения короны в любое время астрономы пользуются специальным образом переоборудованным телескопом, который называется коронографом. Внутри коронографа свет от основной части солнечного диска задерживается.



◁ Электрически заряженные частицы, идущие от Солнца, являются причиной полярных сияний в верхних слоях земной атмосферы. Возникновение полярных сияний наиболее вероятно, когда активность солнечных пятен достигает максимума.

Солнечный цикл

Количество солнечных пятен, которые можно увидеть, с течением времени меняется. В 1989–1990 гг. их было очень много, поскольку на этот период пришелся пик цикла солнечной активности. В среднем количество солнечных пятен достигает своего максимума каждые 11 лет. В следующий раз плотность пятен будет наибольшей примерно в 2000 или 2001 г. В середине 1990-х гг. солнечных пятен будет относительно немного.

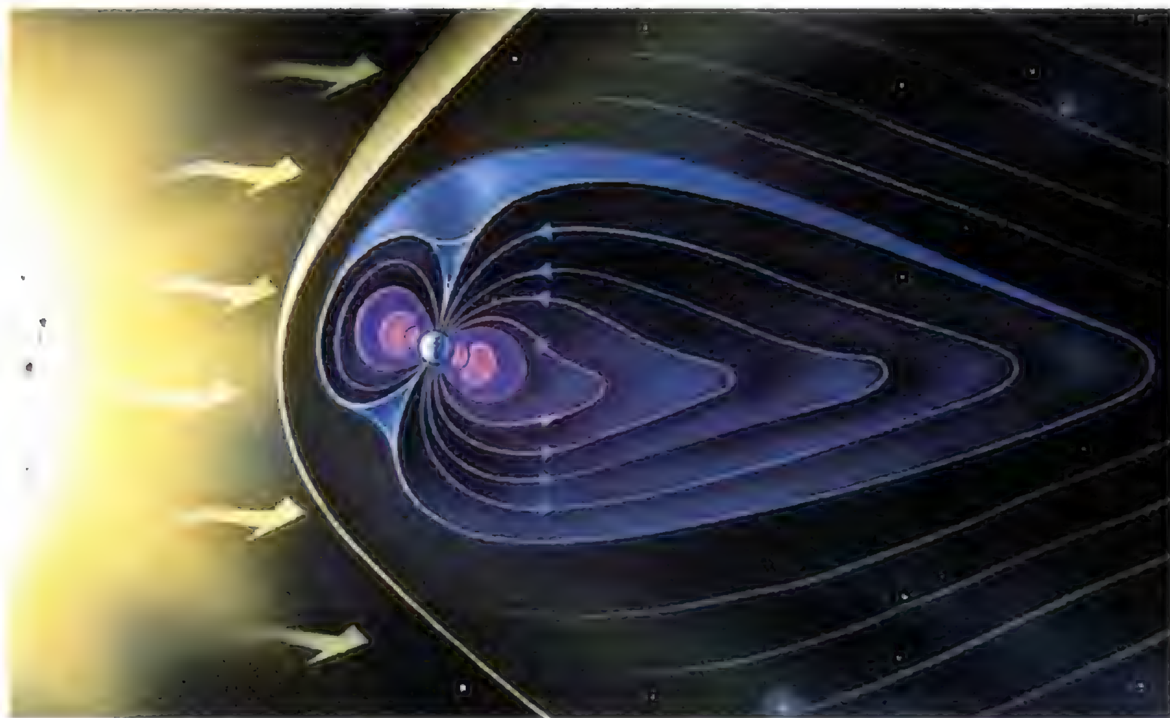
Цикл активности солнечных пятен, по всей видимости, имеет прямое отношение к климату на Земле. У некоторых деревьев, например, толщина годовых колец тоже имеет 11-летний цикл. Между 1650–1715 гг. пятен на Солнце практически не было, солнечный цикл как будто совсем исчез. Это соответствует периоду исключительно холодной погоды в Европе.

Чтобы проверить воздействие 11-летнего солнечного цикла на наш климат, на спутнике был установлен специальный прибор, который измерял количество энергии, произведенной Солнцем за период 1980–1989 гг. Каждый раз, когда на Солнце появлялось большое пятно, количество энергии, излучаемое Солнцем, падало. В 1990-х гг. проводятся новые серии наблюдений с космических кораблей. Ученые надеются, что эти измерения позволят ответить на вопрос, оказывают ли изменения солнечной активности долгосрочное воздействие на Землю — скажем, содействуют ли они глобальному потеплению на нашей планете.

Наружные слои Солнца

Солнечные затмения позволяют увидеть те слои атмосферы Солнца, что лежат над фотосферой. Кольцо розоватого света исходит из хромосферы, температура которой около 15 000°С. Во время полного затмения вокруг Солнца можно видеть слабый белый ореол, солнечную корону. В действительности она простирается на расстояние нескольких радиусов Солнца. Вблизи Солнца ее температура достигает 2 млн градусов.

Горячая корона излучает совсем мало света, зато от нее идет очень мощное рентгеновское излучение. Для его исследования на околоземных спутниках устанавливают рентгеновские телеско-



◁ Земля окружена магнитной оболочкой, которая отклоняет большую часть электрически заряженных частиц, идущих от активного Солнца.

▽ Солнце в разрезе, с удаленной частью. Ядро, состоящее из гелия, занимает примерно четверть радиуса Солнца; значительная часть массы светила сосредоточена в ядре. Энергия, создаваемая в ядре, медленно проходит через толстый слой водорода, а затем разогревает видимую фотосферу.

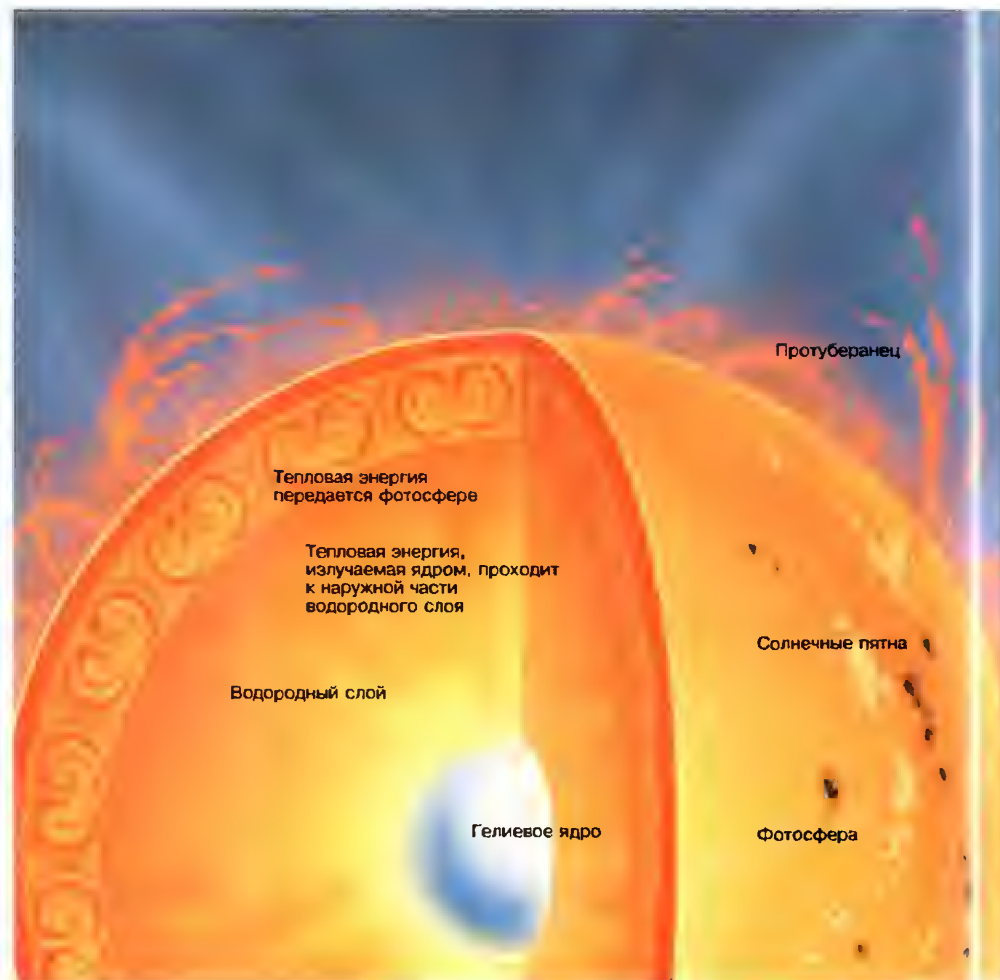
ны. При помощи компьютеров строятся цветные изображения областей, которые излучают рентгеновские лучи. Вот почему мы знаем, что светлые участки короны имеют температуру свыше 1 млн градусов. Более холодные участки короны выглядят как черные дыры, сквозь которые частицы, например электроны, могут улетать в космос.

Солнечный ветер

Наружные слои короны постоянно выдуваются в Солнечную систему, образуя солнечный ветер. Его частицам требуется 10 дней, чтобы долететь до Земли. Космические корабли «Вояджер» обнаружили солнечный ветер даже за орбитой Плутона. Под воздействием солнечного ветра газовые хвосты комет всегда направлены в сторону от Солнца.

Магнитная оболочка Земли

Магнитное поле Земли отклоняет большую часть солнечного ветра, препятствуя прямой бомбардировке нашей планеты его частицами. Фактически магнитные силы Земли создают невидимую защитную оболочку, которую солнечный ветер обтекает подобно тому, как река обтекает остров. У других планет, имеющих магнитное поле, например у Меркурия и Юпитера, тоже есть невидимые барьеры для солнечного ветра. Если говорить о Земле, то здесь некоторые электрически заряженные частицы все же могут проникнуть сквозь магнитную оболочку.



ВЫРАБОТКА СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГИИ

Солнце состоит главным образом из водорода и гелия, самых легких химических элементов. Высокая температура в глубинах Солнца препятствует образованию обычных атомов. Вместо этого перемешанные между собой атомные ядра и электроны находятся там в полном беспорядке. (О химических элементах, атомах и атомных частицах подробнее рассказано на с. 20–21.) Ядра водорода представляют собой просто единичные протоны. Ядра гелия – это соединенные вместе два протона и два нейтрона.

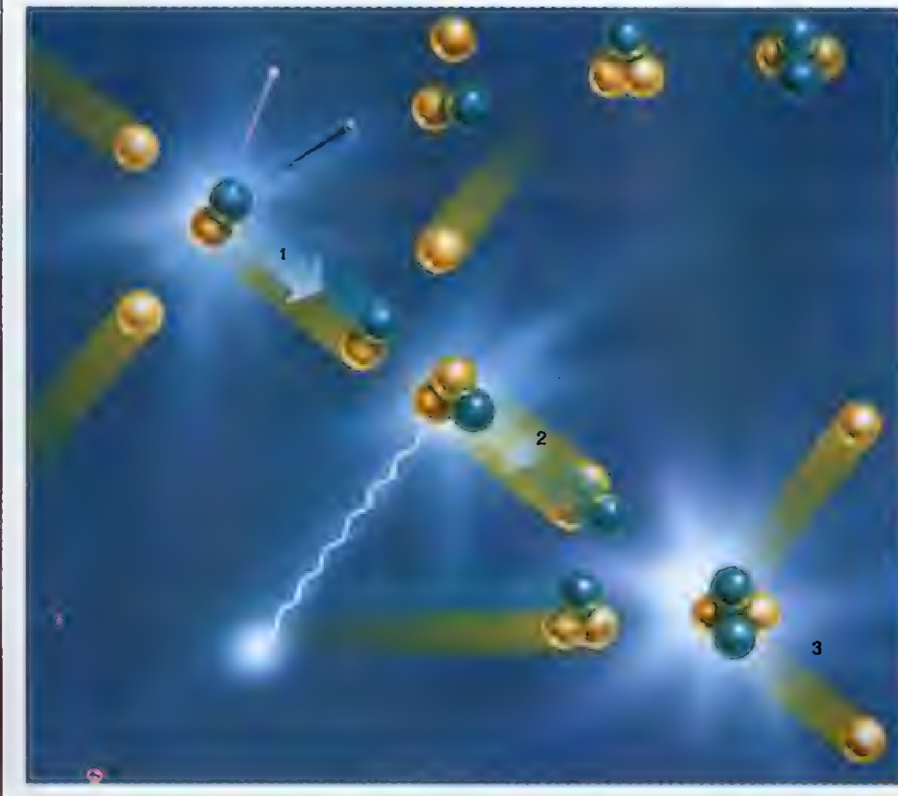
В условиях невероятно высокой температуры в центре Солнца атомные частицы движутся там с очень высокими скоростями и часто сталкиваются. Обычно при этом ничего не происходит. Но иногда два протона ударяются друг о друга с такой силой, что слипаются вместе и превращаются в протонно-нейтронную пару (1). После этого они выделяют две частицы: крошечный нейтрино, не имеющий ни массы, ни электрического заряда, но несущий энергию, и позитрон – частицу, подобную электрону, но с положительным электрическим зарядом.

Протонно-нейтронная пара может затем соединиться еще с одним протоном и образовать ядро легкого гелия, имеющее только один нейтрон вместо обычных двух (2).

И наконец, при столкновении двух ядер легкого гелия образуется устойчивое ядро гелия (3). При этом высвобождаются два лишних протона.

Иначе говоря, Солнце может склеивать вместе четыре протона, образуя ядро гелия и одновременно выделяя огромное количество энергии. Масса четырех протонов немного – на 0,5 процента – меньше, чем масса ядра гелия. При исчезновении этой недостающей массы взамен создается энергия. Такие же или похожие реакции ядерного синтеза происходят во всех нормальных звездах.

Ученые надеются когда-нибудь овладеть ядерным синтезом, чтобы сделать производство ядерной энергии на Земле более безопасным и дешевым. В ходе экспериментов в Европейской лаборатории ядерного синтеза, расположенной вблизи Оксфорда, в Великобритании, а также в других научных центрах ядерная энергия высвобождается в результате процессов, подобных тем, что происходят на Солнце. Целью ученых является использование этих знаний для того, чтобы спроектировать безопасный ядерный реактор, вырабатывающий электроэнергию. По сравнению с теми ядерными электростанциями, что мы имеем теперь, реактор, использующий те же реакции, что и на Солнце, будет давать гораздо меньше ядерных отходов.



В глубине Солнца

До XX в. ученые представляли себе Солнце в виде пылающего огненного шара. В 1892 г. в одной книге утверждалось, что Солнце – это мощная печь из жара и огня. По другой теории, существовавшей в XIX в., Солнце горит благодаря падающим на него метеоритам. Обе эти идеи неверны. Наши сегодняшние знания позволяют утверждать, что солнечная печь – это огромный ядерный реактор.

Чтобы лучше понять устройство солнечной печи, представь себе для начала желтый поверхностный слой, где температура в четыре раза выше точки плавления железа. При такой температуре любое вещество испаряется, так что все Солнце – это огромный шар раскаленного газа.

Теперь будем продвигаться в глубь Солнца. По мере углубления как температура, так и давление будут постоянно возрастать. На всех уровнях внутри Солнца давление горячего газа, выталкивающего вещество наружу, в точности уравновешивается огромной силой тяготения, действующей в направлении центра. Ближе к ядру Солнца температура в 25 000 раз выше, чем на поверхности. Совершенно невозможно себе представить, насколько это горячо, но написать нетрудно: 14–15 млн градусов.

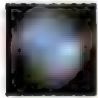
Как долго будет существовать Солнце?

Каждую секунду Солнце перерабатывает около 600 млн т водорода, производя при этом примерно 4 млн т гелия. Сопоставляя такую скорость с массой Солнца, возникает вопрос: как долго просуществует наше светило?

Совершенно ясно, что Солнце не будет существовать вечно, хотя впереди у него невероятно долгая жизнь. Сейчас оно находится в среднем возрасте. На переработку половины своего водородного топлива у него ушло 5 млрд лет. В грядущие годы Солнце будет медленно разогреваться и немного увеличиваться в размере. В течение следующих 5 млрд лет его температура и объем будут постепенно возрастать по мере того, как водород будет сгорать. Когда весь водород в центральном ядре израсходуется, Солнце будет в три раза больше, чем теперь. Все океаны на Земле выкипят. Умирающее Солнце поглотит Землю и превратит твердую породу в расплавленную лаву.

В глубине Солнца ядра гелия будут комбинироваться, образуя ядра углерода и более тяжелых веществ. В конечном счете Солнце остынет, превратившись в шар ядерных отходов, так называемый белый карлик.

Жизнь звезд



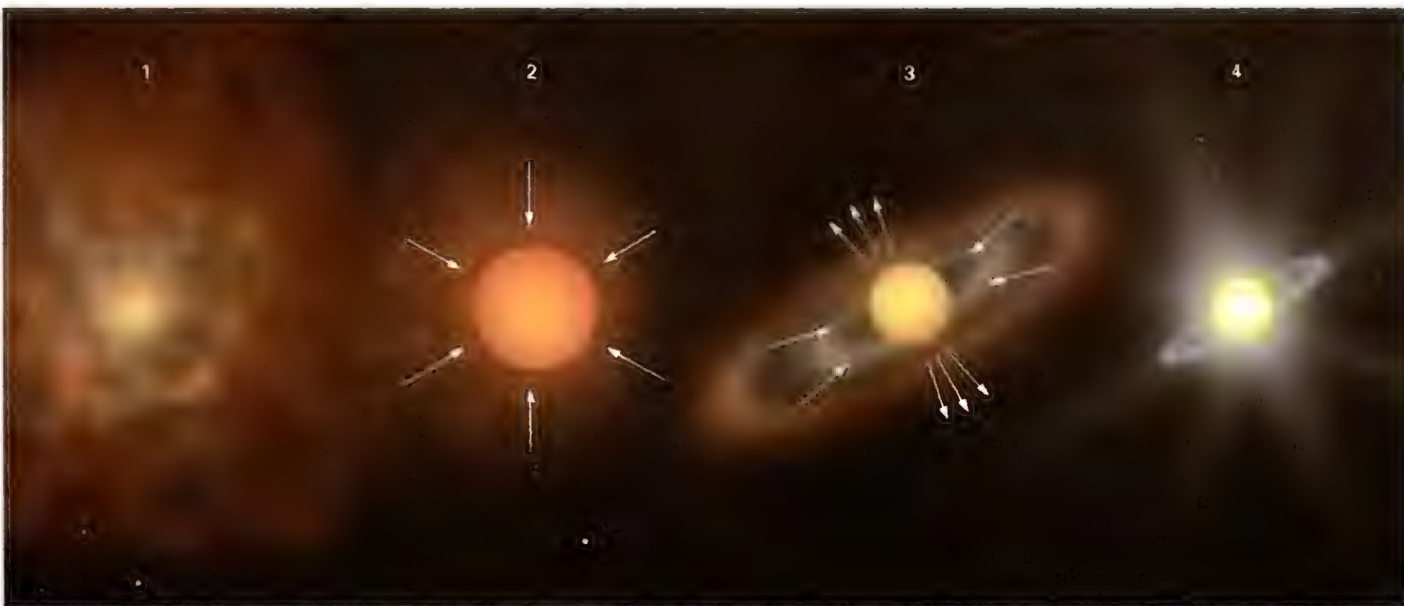
Звезда — это огромный шар горячего газа, который удерживается как одно целое благодаря собственной силе тяготения и разогревается ядерной энергией. Большинство звезд существует миллиарды лет. Наряду с планетами, звезды образуются из газовых облаков в космическом пространстве. Хотя в подавляющем большинстве звезды похожи на Солнце, среди них существуют также и гиганты размером со всю Солнечную систему, и карлики величиной с Землю.

Звезды бывают новорожденными, молодыми, среднего возраста и старыми. Новые звезды постоянно образуются, а старые постоянно умирают. Самые молодые, которые называются звездами типа Т Тельца (по одной из звезд в созвездии Тельца), похожи на Солнце, но гораздо моложе его. Фактически они все еще находятся в процессе формирования и являются примерами протозвезд (первичных звезд). Это переменные звезды, их светимость меняется, поскольку они еще не вышли на стационарный режим существования. Вокруг многих звезд типа Т Тельца имеются вращающиеся диски вещества; от таких звезд исходят мощные «ветры».

Энергия вещества, которое падает на протозвезду под действием силы тяготения, превращается в тепло. В результате температура внутри протозвезды все время повышается. Когда центральная ее часть становится настолько горячей, что начинается ядерный синтез, протозвезда превращается в нормальную звезду. Как только начинаются ядерные реакции, у звезды появляется источник энергии, способный поддерживать ее существование в течение очень долгого времени. Насколько долгого — это зависит от размера звезды в начале этого процесса, но у звезды размером с наше Солнце топлива хватит на стабильное существование в течение примерно 10 миллиардов лет. Однако случается, что звезды, гораздо более массивные, чем Солнце, существуют всего несколько миллионов лет; причина в том, что они сжигают свое ядерное топливо с гораздо большей скоростью.



△ Туманность Розетка, раскаленное красное облако водорода, окружает яркую молодую группу звезд NGC 2244



▽ Возникновение звезды. (1) Внутри облака из молекул образуются плотные скопления водорода и пыли. (2) В центре одного из таких плотных образований возникает протозвезда. (3) Вещество стекает с обоих полюсов звезды и концентрируется вокруг экватора. (4) Новая звезда окружена диском пыли и газа, которые в конце концов могут образовать планетную систему.

ПОСМОТРИ, КАК РОЖДАЕТСЯ ЗВЕЗДА

В созвездии Орион, чуть пониже трех звезд, обозначающих пояс Охотника, ты найдешь туманность Ориона, громадное облако раскаленного газа — водорода. В темную ночь ты, возможно, сумеешь разглядеть это туманное пятнышко невооруженным глазом. Четыре раскаленных белых звезды, называемые Трапецией, лежат в самом сердце этой туманности. Квартет этих звезд заливает окружающий газ интенсивными ультрафиолетовыми лучами, вызывая его свечение.

Хотя сами звезды Трапеции разглядеть нелегко, но красивое, мягкое свечение окружающего газа ты заметишь сразу, если вооружишься биноклем или небольшим телескопом.

Трапеция — это то самое место, где новые звезды рождаются прямо сейчас. Астрономы имеют все основания утверждать, что возраст звезд Трапеции — не более одного или двух миллионов лет. Это и в самом деле совсем немного по сравнению, например, с возрастом Солнца, которому уже 5 млрд лет. Звезды Трапеции — не единственные такие юные звезды в небе; существует много свидетельств того, что новые звезды образуются непрерывно. Даже по самым приблизительным подсчетам ежегодно возникает по крайней мере несколько звезд. Но как в точности происходит их зарождение?

Решающие ключи к разгадке этой тайны лежат там, где обнаруживают очень юные звезды: вблизи темных межзвездных облаков. На фотографиях туманности Ориона, например, видны не только светящиеся облака, но и темные участки. Позади туманности Ориона, недоступное прямому наблюдению, лежит гигантское облако молекул. Хотя его нельзя увидеть, микроволновые и инфракрасные сигналы от этого облака выдают его присутствие и сообщают нам, что происходит у него внутри.

Плотные сгустки газа в гигантском молекулярном облаке становятся теми семенами, из которых вырастают новые звезды. Как только такое семя возникает, силы тяготения начинают притягивать к нему все больше вещества, делая сгусток все более и более плотным. Постепенно он превращается в протозвезду: еще не звезду, но уже то, что станет звездой.

Однако еще на предыдущей стадии что-то должно дать толчок к началу образования сгустков. Такое может случиться, если через межзвездное облако пройдет волна сжатия, возникшая, например, при столкновении галактик, когда взрываются гигантские звезды, или просто в результате интенсивной радиации массивных звезд. Все дело в том, чтобы дать рождению звезд первоначальный импульс: как только в облаке возникнет несколько молодых звезд, они начинают воздействовать на прилегающие области таким образом, что и там образуются новые звезды. Возможно, что туманность Ориона, которую мы можем наблюдать теперь, в ближайшие 10 000 лет рассеется в пространстве, но вместо нее появится другая светящаяся туманность вокруг тех звезд, которые сейчас еще находятся в процессе формирования.

Только что возникшие звезды всегда окутаны пеленой пыли и газа. Прежде чем мы обнаружим их в видимом свете, они должны развеять свои коконы. Но если звезда окружена пылевой оболочкой, она нагревает эту пыль до 1000°C. При такой температуре пыль дает инфракрасное излучение. Инфракрасные телескопы обычно устанавливают на спутниках или высоко в горах, чтобы гарантировать безошибочность наблюдений. Особенно важна инфракрасная астрономия для изучения звезд в процессе их формирования.







▷ ▽ Туманность Ориона и окружающие ее звезды (наверху), звезды Трапеции (в середине) и струя вещества от вновь образованной звезды в созвездии Орион — этот снимок сделан космическим телескопом «Хаббл» (внизу).

Образование планет

Наблюдая образующиеся в настоящее время звезды, мы можем получить некоторое представление о том, как возникло когда-то наше Солнце. Каким образом обзавелось оно целым семейством планет и имеются ли планетные системы у других звезд?

Когда протозвезда сжимается, она образует диск из вещества, окружающий звезду. Часть вещества этого диска падает обратно на звезду, повинуясь силе тяготения. Газ и пыль, что остаются в диске, постепенно охлаждаются. Когда температура опускается достаточно низко, вещество диска начинает собираться в небольшие сгустки — точно так же, как при охлаждении водяной пар конденсируется из влажного воздуха в дождевые капли. Так возникают «планетезимали», строительные кирпичики планет.

В процессе формирования Солнечной системы часть планетезималей разрушилась в результате столкновений, а другие объединились, чтобы образовать планеты. В наружной части Солнечной системы образовались большие планетные ядра, которые способны были удержать на себе некоторое количество газа в виде первичного облака. Так было положено начало образованию «газовых гигантов» — Юпитера, Сатурна, Урана и Нептуна. У них, по всей вероятности, возникли собственные мини-диски из газа и пыли, из которых в конце концов образовались луны и кольца.

Пока что нам не представилось возможности наблюдать планеты вокруг других звезд, поскольку наши телескопы просто недостаточно мощны для этого. Мы не смогли бы разглядеть даже самую большую планету, Юпитер, если бы она двигалась по орбите вокруг одной из ближайших к Солнцу звезд. Можно только искать «колебания» в движении звезд по небу, которые могли бы означать наличие планет, но никаких убедительных доказательств этого пока не найдено. При помощи космического телескопа «Хаббл» и новых наземных телескопов, находящихся сейчас в стадии разработки, нам, по-видимому, удастся все же увидеть, есть ли планеты у ближайших к нам звезд.



▷ Три стадии образования планет, занимающие около 100 млн лет.
(1) Туманность окружает протозвезду.
(2) Постепенно туманность остывает, и внутри нее возникают и растут сгустки, в результате чего через 50 млн лет образуются гигантские газовые планеты.
(3) Наконец во внутренней Солнечной системе из твердого вещества формируются Меркурий, Венера, Земля и Марс.

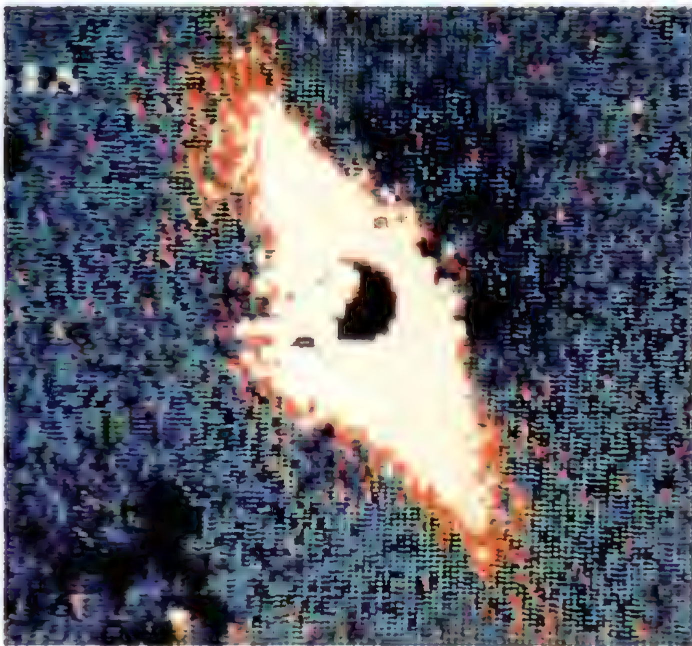
Нормальные звезды

Все звезды в основе своей похожи на наше Солнце: это огромные шары очень горячего светящегося газа, в самой глубине которых вырабатывается ядерная энергия. Но не все звезды в точности такие, как Солнце. Самое явное различие — это цвет. Есть звезды красноватые или голубоватые, а не желтые.

Кроме того, звезды различаются и по яркости, и по блеску. Насколько яркой выглядит звезда в небе, зависит не только от ее истинной светимости, но также и от расстояния, отделяющего ее от нас. С учетом расстояний, яркость звезд меняется в широком диапазоне: от одной десятитысячной яркости Солнца до яркости более чем миллиона Солнц. Подавляющее большинство звезд, как оказалось, располагается ближе к тусклому краю этой шкалы. Солнце, которое во многих отношениях является типичной звездой, обладает гораздо большей светимостью, чем большинство других звезд. Невооруженным глазом можно увидеть очень небольшое количество слабых по своей природе звезд. В созвездиях нашего неба главное внимание привлекают к себе «сигнальные огни» необычных звезд, тех, что обладают очень большой светимостью.

Почему же звезды так сильно различаются по своей яркости? Оказывается, тут все зависит от массы звезды. Количество вещества, содержащееся в конкретной звезде, определяет ее цвет и блеск, а также то, как блеск меняется во времени. Минимальная величина массы, необходимая, чтобы звезда была звездой, составляет около одной двенадцатой массы Солнца. Если вещества меньше, то центр никогда не станет достаточно горячим, чтобы поддерживать протекание ядерных реакций. Объекты, масса которых находится в промежутке между одной сотой и одной двенадцатой массы Солнца, называются «коричневыми карликами»; они в течение короткого времени вырабатывают некоторое количество энергии, но стать настоящими звездами не могут. Поскольку коричневые карлики не излучают света, обнаружить их чрезвычайно сложно.

Что касается другого конца шкалы, то астрономам пока неясно, насколько тяжелы самые массивные звезды. Возможно, что лишь очень немногие из них превосходят Солнце по массе более, чем в 60 раз; вероятно, ни одна звезда не превосходит его более, чем в 100 раз.





Δ Наверху слева в условных цветах показано инфракрасное (тепловое) изображение диска пыли вокруг яркой звезды Бета Живописца. Эта пыль сходна с тем веществом, что обнаружено в кометах нашей Солнечной системы. Это самый лучший из известных астрономам пример молодой звезды с диском, который может превратиться в планетную систему.
На верхнем снимке слева видна структура газового диска звезды Бета Живописца; диаметр диска — около 100 млрд км.

ДЕСЯТЬ БЛИЖАЙШИХ ЗВЕЗД

Название	*Расстояние (в световых годах)*	*Звездная величина*	*Созвездие*
Проксима Кентавра	4,2	15,5	Кентавр
Альфа Кентавра, А и В	4,4	4,4; 5,7	Кентавр
Звезда Барнарда	6,0	13,2	Змееносец
Вольф 359	7,8	16,7	Лев
BD +36°2147	8,2	10,5	Большая Медведица
L 726-8(A) и UV Кита (B)	8,4	15,5; 16,0	Кит
Сириус А и В	8,7	−1,4; 11,2	Большой Пес
Росс 154	9,5	13,1	Стрелец
Росс 248	10.4	14,8	Андромеда
Эпсилон Эридана	10,8	6,1	Эридан

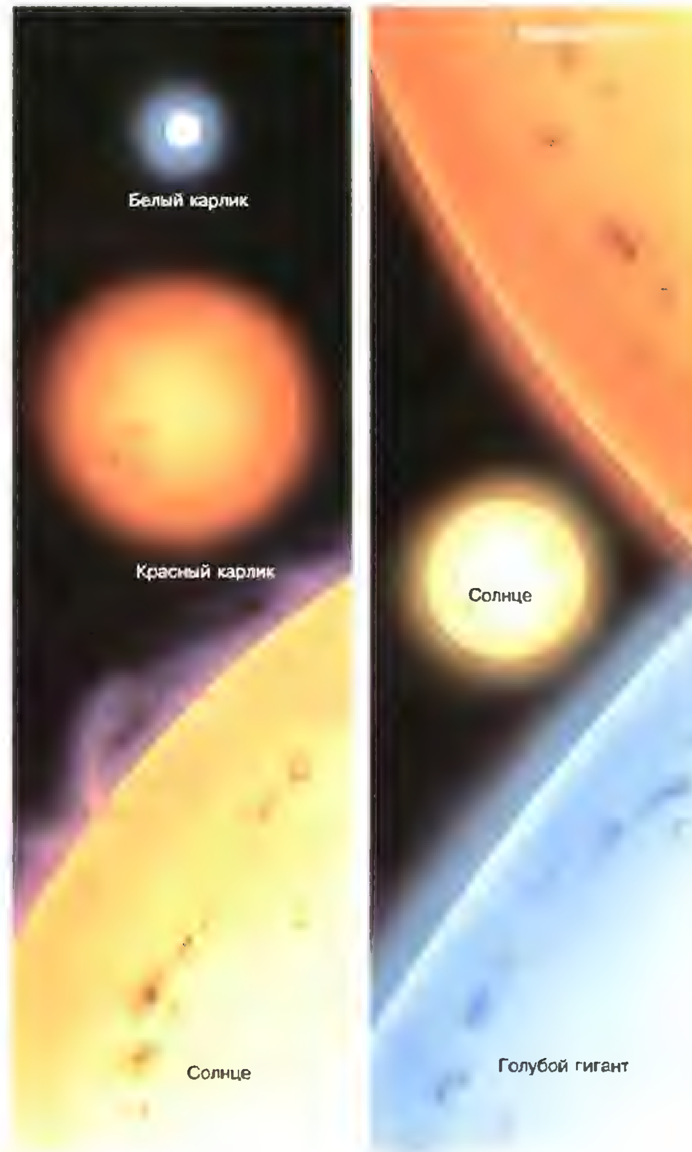
(Буквами А и В обозначены звезды, входящие в систему двойных звезд.)

Гиганты и карлики

Самые массивные звезды одновременно и самые горячие, и самые яркие. Выглядят они белыми или голубоватыми. Несмотря на свои огромные размеры, эти звезды производят такое колоссальное количество энергии, что все их запасы ядерного топлива перегорают за какие-нибудь несколько миллионов лет. В противоположность им звезды, обладающие небольшой массой, всегда неярки, а цвет их — красноватый. Они могут существовать в течение долгих миллиардов лет.

Однако среди очень ярких звезд в нашем небе есть красные и оранжевые. К ним относятся и Альдебаран — глаз быка в созвездии Телец, и Антарес в Скорпионе. Как же могут эти холодные звезды со слабо светящимися поверхностями соперничать с раскаленными добела звездами типа Сириуса и Веги? Ответ состоит в том, что эти звезды очень сильно расширились и теперь по размеру намного превосходят нормальные красные звезды. По этой причине их называют гигантами, или даже сверхгигантами.

Благодаря огромной площади поверхности, гиганты излучают неизмеримо больше энергии, чем нормальные звезды вроде Солнца, несмотря на то что температура их поверхности значительно ниже. Диаметр красного сверхгиганта — например, Бетельгейзе в Орионе — в несколько сот раз превосходит диаметр Солнца. Напротив, размер нормальной красной звезды, как правило, не превосходит одной десятой размера Солнца. По контрасту с гигантами их называют «карликами». Гигантами и карликами звезды бывают на разных стадиях своей жизни, и гигант может в конце концов превратиться в карлика, достигнув «пожилого возраста».



▷ Размер Солнца в сравнении с размерами красного и белого карликов (слева) и с размерами гигантских звезд (справа). Астрономы определяют диаметры звезд, сопоставляя температуру их поверхности с яркостью: чем больше диаметр звезды, тем больше энергии она излучает при данной температуре. Размер белого карлика примерно равен размеру Земли, но масса его в миллион раз больше. Самые большие красные гиганты по размеру превосходят орбиту Земли вокруг Солнца.

Жизненный цикл звезды

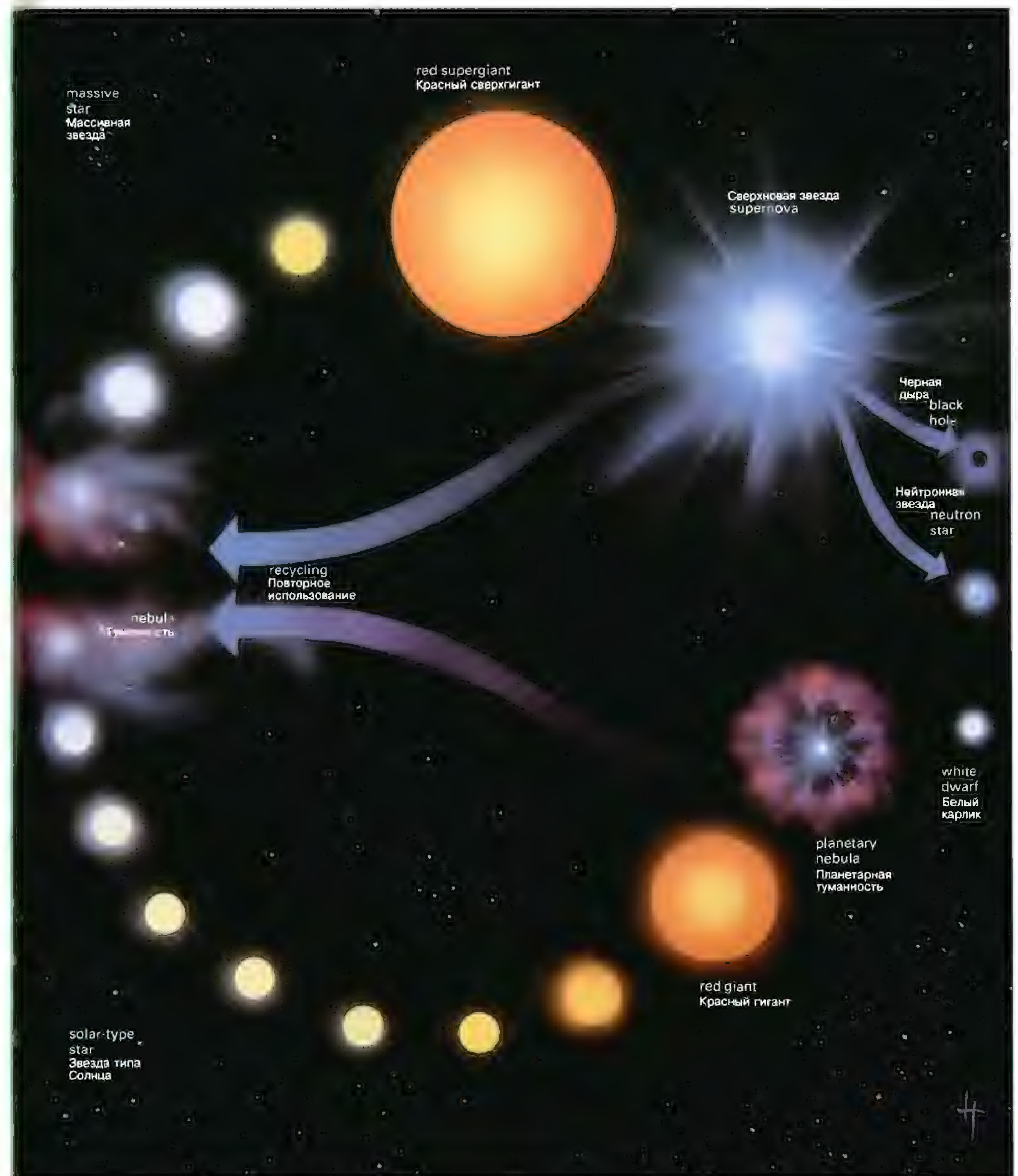
Обычная звезда, такая, как Солнце, выделяет энергию за счет превращения водорода в гелий в ядерной печи, находящейся в самой ее сердцевине. Солнце содержит огромное количество водорода, однако запасы его не бесконечны. За последние 5 миллиардов лет Солнце уже израсходовало половину водородного топлива и сможет поддерживать свое существование в течение еще 5 миллиардов лет, прежде чем запасы водорода в его ядре иссякнут. А что потом?

После того как звезда израсходует водород, содержащийся в центральной ее части, внутри звезды происходят крупные перемены. Водород начинает перегорать не в центре, а в оболочке, которая увеличивается в размере, разбухает. В результате размер самой звезды резко возрастает, а температура ее поверхности падает. Именно этот процесс и порождает красных гигантов и сверх-гигантов. Он является частью той последовательности изменений, которая называется «звездной эволюцией» и которую проходят все звезды.

В конечном итоге все звезды стареют и умирают, но продолжительность каждой отдельной звезды определяется ее массой. Массивные звезды проносятся через свой жизненный цикл, заканчивая его эффектным взрывом. Звезды более скромных размеров, включая и Солнце, наоборот, в конце жизни сжимаются, превращаясь в исключительно плотные белые карлики. После чего они просто угасают.

В процессе превращения из красного гиганта в белый карлик звезда может сбросить свои наружные слои, как легкую газовую оболочку, обнажив при этом ядро. Газовая оболочка ярко светится под действием мощного излучения покинутой звезды, температура которой на поверхности может достигать 100 000°С. Когда такие светящиеся газовые пузыри были впервые обнаружены, они были названы планетарными туманностями, поскольку они часто выглядят как круги типа планетного диска, если пользоваться маленьким телескопом. На самом же деле они, конечно, не имеют с планетами нечего общего!

▷ Жизненный цикл двух различных звезд. На верхней половине схемы показаны стадии жизни от рождения до смерти для звезды, которая достаточно массивна, чтобы взорваться сверхновой звездой и закончить свой жизненный путь в виде нейтронной звезды либо черной дыры (см. с. 120—123). Нижняя половина схемы показывает стадии жизни менее массивной звезды, примерно такой, как наше Солнце. Вещество, «сдуваемое» со звезд в процессе их эволюции, используется повторно, превращаясь в туманности, из которых возникнут будущие звезды. Этот процесс обозначен широкими голубыми стрелками

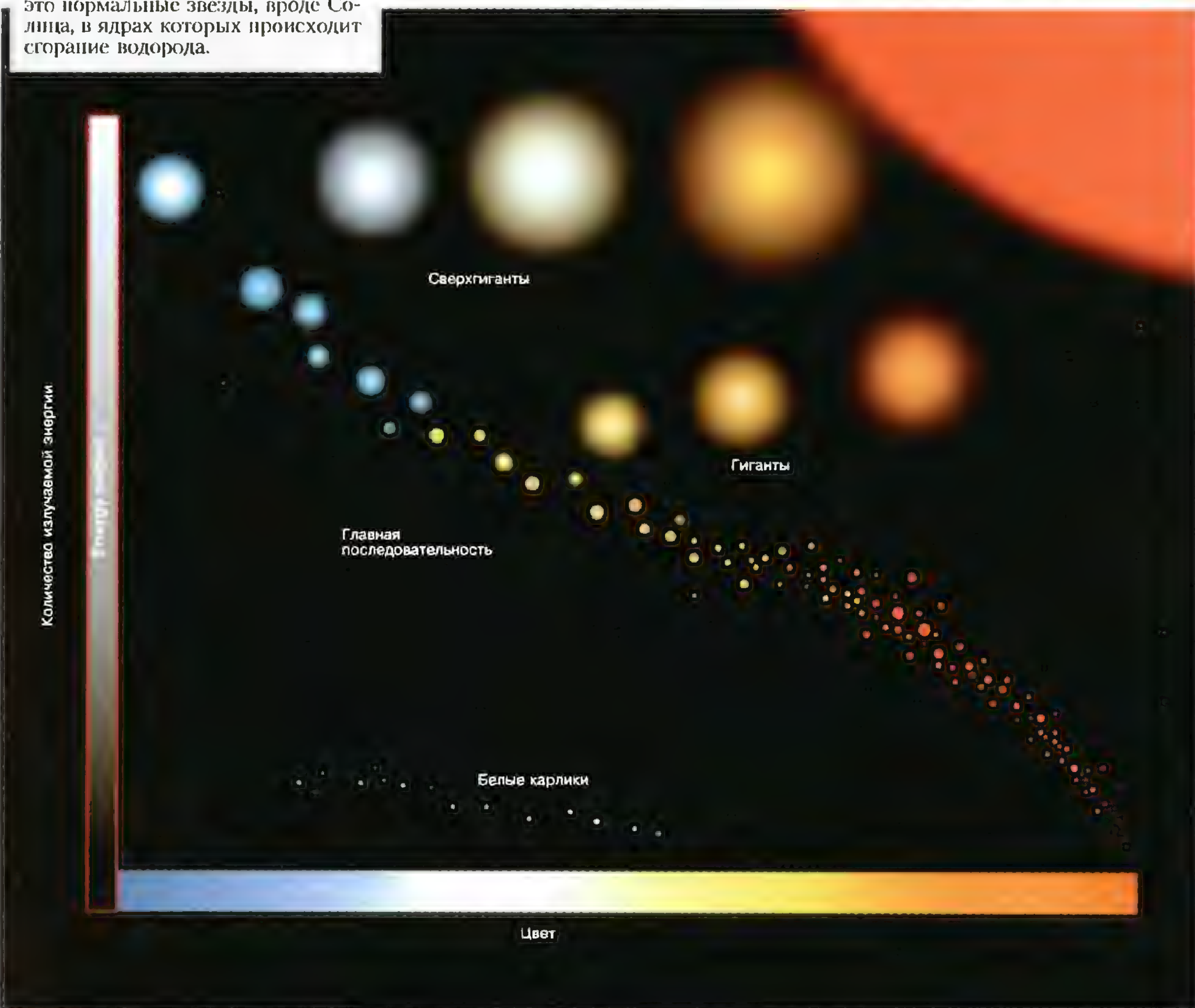


ГЛАВНАЯ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ

Маленькие звезды — тусклые и красные. Большие звезды — яркие, бело-голубые. Наше желтое Солнце находится в промежутке между ними. Если выбрать на небе некоторое количество звезд и для каждой нанести на график точку, откладывая по одной оси цвет, а по другой — светимость, то окажется, что большинство точек располагается вдоль диагональной прямой. Ее называют главной последовательностью. Точки, соответствующие гигантам и сверхгигантам, располагаются над главной последовательностью, а соответствующие белым карликам — под ней. Теперь нам известно, что звезды, лежащие на главной последовательности, — это нормальные звезды, вроде Солнца, в ядрах которых происходит сгорание водорода.



◁ Планетарная туманность M27. Эта звезда приближается к концу своего существования и уже сбросила свои наружные слои. Поверхность этой звезды, находящейся в центре туманности, имеет температуру 100 000°C. Расширяющаяся оболочка постепенно сольется с межзвездным веществом



Звездные скопления

По-видимому, почти все звезды рождаются группами, а не по отдельности. Поэтому нет ничего удивительного в том, что звездные скопления — вещь весьма распространенная. Астрономы любят изучать звездные скопления, потому что им известно, что все звезды, входящие в скопление, образовались примерно в одно и то же время и приблизительно на одинаковом расстоянии от нас. Любые заметные различия в блеске между такими звездами являются истинными различиями. Какие бы сильные изменения ни претерпели эти звезды с течением времени, начинали они все одновременно. Особенно полезно изучение звездных скоплений с точки зрения зависимости их свойств от массы — ведь возраст этих звезд и их расстояние от Земли примерно одинаковы, так что отличаются они друг от друга только своей массой.

Звездные скопления интересны не только для научного изучения — они исключительно красивы как объекты для фотографирования и для наблюдения астрономами-любителями. Есть два типа звездных скоплений: открытые и шаровые. Эти названия связаны с их внешним видом. В открытом скоплении каждая звезда видна отдельно, они распределены на некотором участке неба более или менее равномерно. А шаровые скопления, наоборот, представляют собой как бы сферу, столь плотно заполненную звездами, что в ее центре отдельные звезды неразличимы.

Открытые звездные скопления

Наверное, самым знаменитым открытым звездным скоплением являются Плеяды, или Семь сестер, в созвездии Тельца. Несмотря на такое название, большинство людей может разглядеть без помощи телескопа лишь шесть звезд. Общее количество звезд в этом скоплении — где-то между 300 и 500, и все они находятся на участке размером в 30 световых лет в поперечнике и на расстоянии 400 световых лет от нас. Возраст этого скопления — всего 50 миллионов лет, что по астрономическим стандартам совсем немного, и содержит оно очень массивные светящиеся звезды, которые не успели еще превратиться в гиганты. Плеяды — это типичное открытое звездное скопление; обычно в такое скопление входит от нескольких сотен до нескольких тысяч звезд.

Среди открытых звездных скоплений гораздо больше молодых, чем старых, а самые старые едва ли насчитывают более 100 миллионов лет. Считается, что скорость, с которой они образуются, с течением времени не меняется. Дело в том, что в более старых скоплениях звезды постепенно отдаляются друг от друга, пока не смешаются с основным множеством звезд — тех самых, тысячи которых предстают перед нами в ночном небе. Хотя тяготение до некоторой степени удерживает открытые скопления вместе, они все же довольно непрочны, и тяготение другого объекта, например большого межзвездного облака, может их разорвать.

Некоторые звездные группы настолько слабо удерживаются вместе, что их называют не скоплениями, а звездными ассоциациями. Они существуют не очень долго и обычно состоят из очень молодых звезд вблизи межзвездных облаков, из которых они возникли. В звездную ассоциацию входит от 10 до 100 звезд, разбросанных в области размером в несколько сотен световых лет.

Облака, в которых образуются звезды, сконцентрированы в диске нашей Галактики, и именно там обнаруживают открытые звездные скопления. Если учесть, как много облаков содержится в Млечном Пути и какое огромное количество пыли находится в межзвездном пространстве, то станет очевидным, что те 1200 открытых звездных скоплений, о которых мы знаем, должны составлять лишь ничтожную часть всего их числа в Галактике. Возможно, их общее количество достигает 100 000.



◁ Плеяды (NGC 1432) — это молодое скопление звезд в созвездии Тельца, хорошо различимое невооруженным глазом. В этом скоплении насчитывается около 300 звезд; его отделяют от нас 400 световых лет. Звезды заключены внутри туманности холодного газа и пыли, которая на этой фотографии выглядит как голубая дымка.



▷ Двойное звездное скопление в созвездии Геркулеса, два открытых скопления. Обрати внимание, как разбросаны звезды в обоих скоплениях.

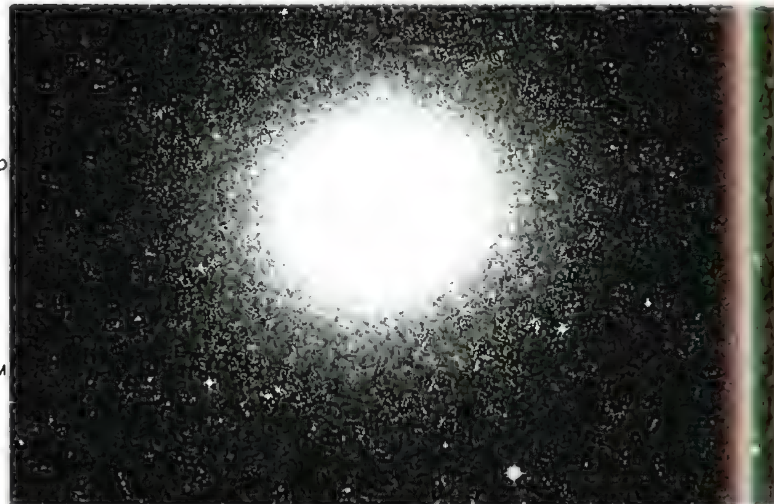
Шаровые звездные скопления

В противоположность открытым, шаровые скопления представляют собой сферы, плотно заполненные звездами, которых там насчитываются сотни тысяч и даже миллионы. Звезды в этих скоплениях расположены так густо, что, если бы наше Солнце принадлежало к какому-нибудь шаровому скоплению, мы могли бы видеть в ночном небе невооруженным глазом более миллиона отдельных звезд. Размер типичного шарового скопления — от 20 до 400 световых лет.

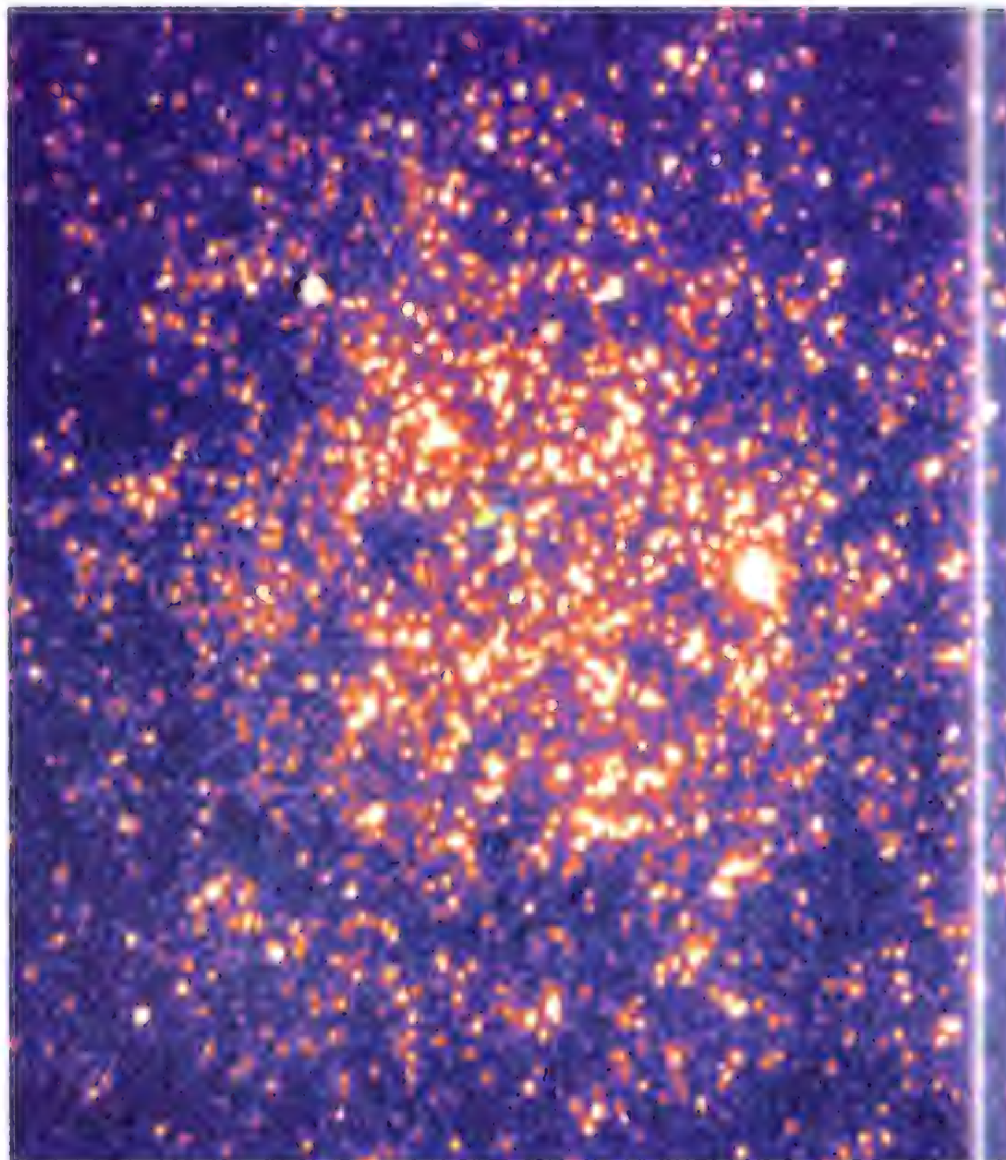
В плотно набитых центрах этих скоплений звезды находятся в такой близости одна к другой, что взаимное тяготение связывает их друг с другом, образуя компактные двойные звезды. Иногда происходит даже полное слияние звезд; при тесном сближении наружные слои звезды могут разрушиться, выставляя на прямое обозрение центральное ядро. В шаровых скоплениях двойные звезды встречаются в 100 раз чаще, чем где-либо еще. Некоторые из этих двойняшек являются источниками рентгеновского излучения.

Вокруг нашей Галактики мы знаем около 200 шаровых звездных скоплений, которые распределены по всему огромному шарообразному гало, заключающему в себе Галактику. Все эти скопления очень стары, и возникли они более или менее в то же время, что и сама Галактика: от 10 до 15 миллиардов лет назад. Похоже на то, что скопления образовались, когда части облака, из которого была создана Галактика, разделились на более мелкие фрагменты. Шаровые скопления не расходятся, потому что звезды в них сидят очень тесно, и их мощные взаимные силы тяготения связывают скопление в плотное единое целое.

Шаровые звездные скопления наблюдаются не только вокруг нашей Галактики, но и вокруг других галактик любого сорта. Самое яркое шаровое скопление, легко видимое невооруженным глазом, это Омега Кентавра в южном созвездии Кентавр. Оно находится на расстоянии 16 500 световых лет от Солнца и является самым обширным из всех известных скоплений: его диаметр — 620 световых лет. Самым ярким шаровым скоплением северного полушария является М13 в Геркулесе, его с трудом, но все же можно различить невооруженным глазом.



▷ Гигантское шаровое скопление Омега Кентавра (NGC 5139) находится на расстоянии 16 500 световых лет от Солнца. Его диаметр равен 620 световым годам — это самое большое известное нам шаровое скопление в нашей Галактике. Его возраст измеряется миллиардами лет, а количество содержащихся в нем звезд — сотнями тысяч. В южном полушарии скопление Омега Кентавра можно легко видеть невооруженным глазом.



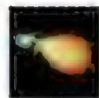
▷ При помощи ультрафиолетового телескопа, установленного на космическом корабле, можно разглядеть центральные звезды скопления Омега Кентавра. Такой снимок нельзя было бы получить, пользуясь наземным телескопом, поскольку атмосфера чересчур сильно размазывает изображения звезд.

НАЙДИ ЗВЕЗДНЫЕ СКОПЛЕНИЯ

На схеме внизу показано, где искать скопление Плеяды, хорошо видную небольшую группу звезд. Выбери темную ночь в промежутке между ноябрем и мартом. Кроме Плеяд, есть еще несколько хорошо известных открытых звездных скоплений, которые нетрудно отыскать. Гиады, тоже в Тельце, — это ближайшее к нам скопление, удаленное на 150 световых лет. Его звезды группируются вокруг яркой звезды Альдебаран. Скопление Ясли (иногда называемое также Ульем) находится в середине Рака; уникальное двойное скопление имеется в Персее.



Переменные звезды и двойные звезды



Наше Солнце светит одинаково ярко изо дня в день, однако в Галактике имеются звезды, блеск которых меняется. Те из них, что изменяются предсказуемым образом, помогают вычислить всевозможные расстояния в нашей Галактике и за ее пределами.

В 1596 г. голландский наблюдатель звезд, любитель, по имени Давид Фабрициус (1564-1617), обнаружил довольно яркую звезду в созвездии Кита; звезда эта постепенно стала тускнеть и через несколько недель вообще исчезла из виду. Фабрициус был первым, кто описал наблюдение переменной звезды.

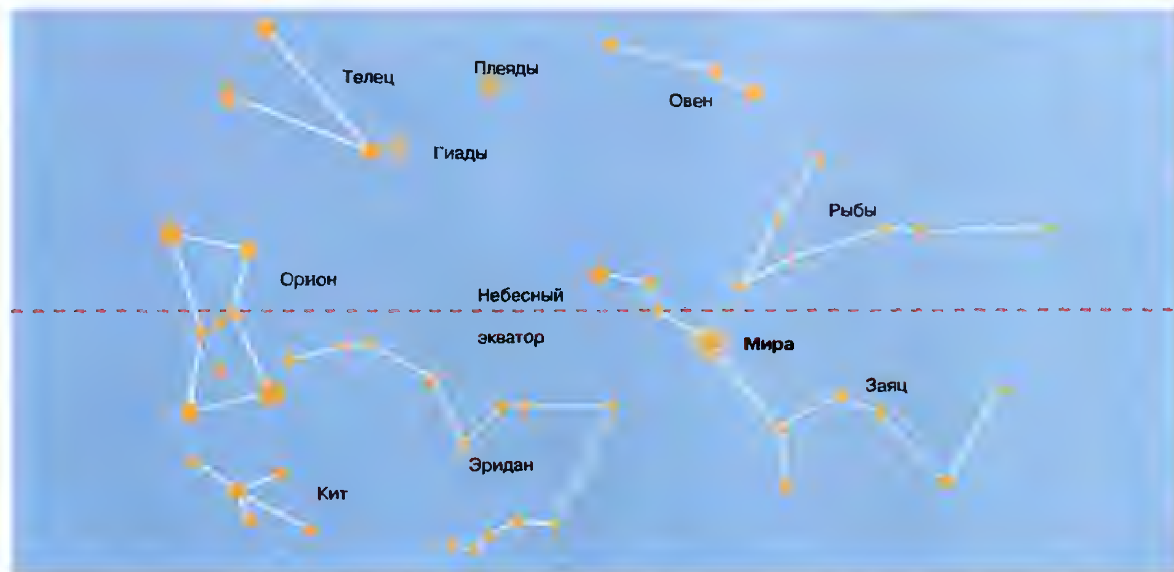
Эта звезда получила название Мира – «чудесная». За период времени в 332 дня Мира изменяет свой блеск от приблизительно 2-й звездной величины (на уровне Полярной звезды) до 10-й звездной величины, когда она становится гораздо более слабой, чем необходимо для наблюдения невооруженным глазом. В наши дни известны многие тысячи переменных звезд, хотя большинство из них меняет свой блеск не столь драматично, как Мира.

Почему существуют переменные звезды

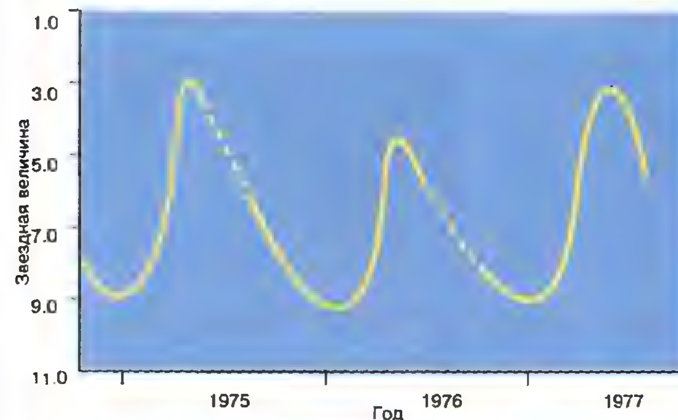
Существуют различные причины, по которым звезды меняют свой блеск. Причем блеск иногда изменяется на много световых величин, а иногда – так незначительно, что это изменение можно обнаружить лишь с помощью очень чувствительных приборов. Некоторые звезды меняются регулярным. Другие – неожиданно гаснут или внезапно вспыхивают. Перемены могут происходить циклично, с периодом в несколько лет, а могут случаться в считанные секунды.

Чтобы понять, почему та или иная звезда является переменной, необходимо сначала точно проследить, каким образом она меняется. График изменения звездной величины переменной звезды называется кривой блеска. Чтобы начертить кривую блеска, измерения блеска следует проводить регулярно. Для точного измерения звездных величин профессиональные астрономы используют прибор, называемый фотометром, однако многочисленные наблюдения переменных звезд производятся астрономами-любителями. С помощью специально подготовленной карты и после некоторой практики не так уж сложно судить о звездной величине переменной звезды прямо на глаз, если сравнивать ее с постоянными звездами, расположенными рядом.

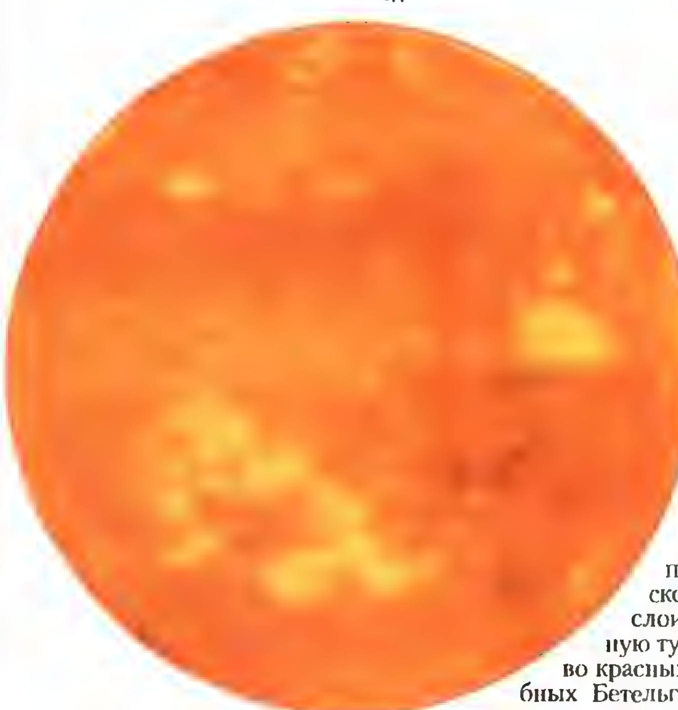
Графики блеска переменных звезд показывают, что некоторые звезды меняются регулярным (правильным) образом – участок их графика на отрезке времени определенной длины (периоде) повторяется снова и снова. Другие же звезды меняются совершенно непредсказуемо. К правильным переменным звездам относят пульсирующие звезды и двойные звезды. Количество света меняется оттого, что звезды пульсируют или выбрасывают облака вещества. Но есть другая группа переменных звезд, которые являются двойными (бинарными). Когда мы видим изменение блеска бинарных звезд, это означает, что произошло одно из нескольких возможных явлений. Обе звезды могут оказаться на линии нашего зрения, так как, двигаясь по своим орбитам, они могут проходить прямо одна перед другой. Подобные системы называются затменно-двойными звездами. Самый знаменитый пример такого рода – звезда Алголь в созвездии Персея. В тесно расположенной паре материал может устремляться с одной звезды на другую, нередко вызывая драматические последствия.



◁ Местоположение переменной звезды Мира в созвездии Кита. Иногда это самая яркая звезда в этом созвездии. А бывает, что она настолько слаба, что ее невозможно разглядеть невооруженным глазом.



◁ Эта иллюстрация показывает, как меняется с течением времени блеск переменной звезды Мира. Участки, где линия проведена пунктиром, соответствуют периодам, когда Мира не видна в ночном небе.



◁ Турбулентная (беспокойная) поверхность вспыхивающей звезды вблизи могла бы выглядеть вот так. Во время звездной вспышки происходит внезапный выброс энергии, который длится минуту или меньше, а температура при этом подскакивает на несколько тысяч градусов.

Пульсирующие переменные звезды

Некоторые из наиболее правильных переменных звезд пульсируют, сжимаясь и снова увеличиваясь – как бы вибрируют с определенной частотой, примерно так, как это происходит со струной музыкального инструмента. Наиболее известный тип подобных звезд – цефеиды, названные так по звезде Дельта Цефея, представляющей собой типичный пример. Это звезды сверхгиганты, их масса превосходит массу Солнца в 3–10 раз, а светимость их в сотни и даже тысячи раз выше, чем у Солнца. Период пульсации цефеид измеряется днями. В процессе пульсации цефеиды как площадь, так и температура ее поверхности изменяются, что вызывает общее изменение ее блеска.

Мира, первая из описанных переменных звезд, и другие подобные ей звезды обязаны своей переменностью пульсациям. Это холодные красные гиганты в последней стадии своего существования, они вот-вот полностью сбросят, как скорлупу, свои наружные слои и создадут планетарную туманность. Большинство красных сверхгигантов, подобных Бетельгейзе в Орионе, изменяются лишь в некоторых пределах. Используя для наблюдений специальную технику, астрономы обнаружили на поверхности Бетельгейзе большие темные пятна.

Звезды типа RR Лиры представляют другую важную группу пульсирующих звезд. Это старые звезды примерно такой же массы, как Солнце. Многие из них находятся в шаровых звездных скоплениях. Как правило, они меняют свой блеск на одну звездную величину приблизительно за сутки. Их свойства, как и свойства цефеид, используют для вычисления астрономических расстояний.

Неправильные переменные звезды

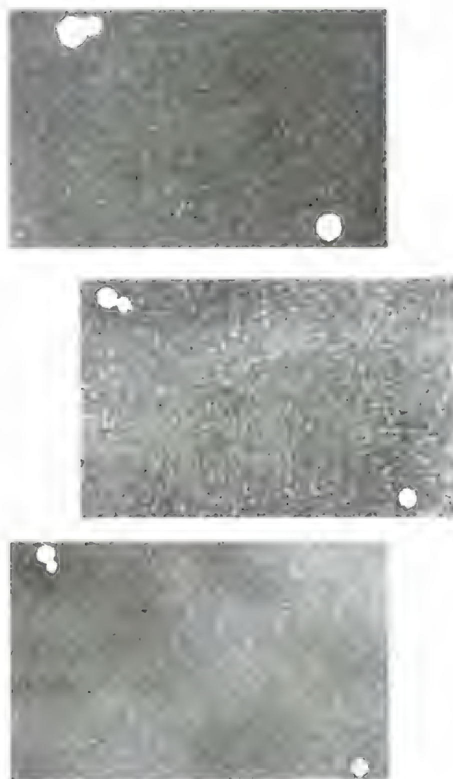
R Северной Короны и звезды, подобные ей, ведут себя совершенно непредсказуемым образом. Обычно эту звезду можно разглядеть невооруженным глазом. Каждые несколько лет ее блеск падает примерно до восьмой звездной величины, а затем постепенно растет, возвращаясь к прежнему уровню. По-видимому, причина тут в том, что эта звезда-сверхгигант сбрасывает с себя облака углерода, который конденсируется в крупинки, образуя нечто вроде сажи. Если одно из этих густых черных облаков проходит между нами и звездой, оно заслоняет свет звезды, пока облако не рассеется в пространстве. Звезды этого типа производят густую пыль, что имеет немаловажное значение в областях, где образуются звезды.

Вспыхивающие звезды

Магнитные явления на Солнце являются причиной солнечных пятен и солнечных вспышек, но они не могут существенно повлиять на яркость Солнца. Для некоторых звезд – красных карликов – это не так: на них подобные вспышки достигают громадных масштабов, и в результате световое излучение может возрастать на целую звездную величину, а то и больше. Ближайшая к Солнцу звезда, Проксима Кентавра, является одной из таких вспыхивающих звезд. Эти световые выбросы нельзя предсказать заранее, а продолжаются они всего несколько минут.

НАИМЕНОВАНИЕ ПЕРЕМЕННЫХ ЗВЕЗД

Особая система наименования переменных звезд была разработана в XVII в. и используется астрономами до сих пор, несмотря на некоторую ее громоздкость и усложненность. Для обозначения переменных звезд в каждом созвездии используют латинские буквы от R до Z, в порядке убывания их яркости. Так что R Северной Короны – это самая яркая из всех переменных звезд Северной Короны, а T Тельца – третья по яркости переменная звезда в Тельце. Буквами от R до Z можно обозначить только первые девять самых ярких переменных звезд созвездия. Для десятой и следующих используют буквы латинского алфавита попарно (за исключением J): AA, AB, AC и так далее. Это дает 334 возможных обозначения. После того как в некотором созвездии уже открыто 334 переменных звезды, последующие уже называют просто V335, V336 и т.д. Таким образом, T Тельца, RR Лиры, UV Кита и V1500 Лебедя – это все типичные названия известных переменных звезд. Но бывают и некоторые исключения, особенно среди более ярких звезд. Дельта Цефея и Альфа Ориона, например, обе являются переменными, но наименования у них не укладываются в только что описанную систему.



△ Орбита этой двойной звезды под названием Крюгер 60, в созвездии Цефея, обращена к нам. Период обращения этих звезд друг относительно друга равен 44 годам. Эти три фотографии были сделаны в 1908, 1915 и 1920 гг.

Двойные звезды

Примерно половина всех звезд нашей Галактики принадлежит к двойным системам, так что двойные звезды, вращающиеся по орбитам одна вокруг другой, явление весьма распространенное. Принадлежность к двойной системе очень сильно влияет на всю жизнь звезды, особенно когда напарники находятся близко друг к другу. Потоки вещества, устремляющиеся от одной звезды на другую, приводят к драматическим вспышкам, таким, как взрывы новых и сверхновых звезд.

Двойные звезды удерживаются вместе взаимным тяготением. Обе звезды двойной системы вращаются по эллиптическим орбитам вокруг некоторой точки, лежащей между ними и называемой центром гравитации этих звезд. Это можно представить себе как точку опоры, если вообразить звезды сидящими на детских качелях: каждая на своем конце доски, положенной на бревно. Чем дальше звезды друг от друга, тем дольше длятся их пути по орбитам.

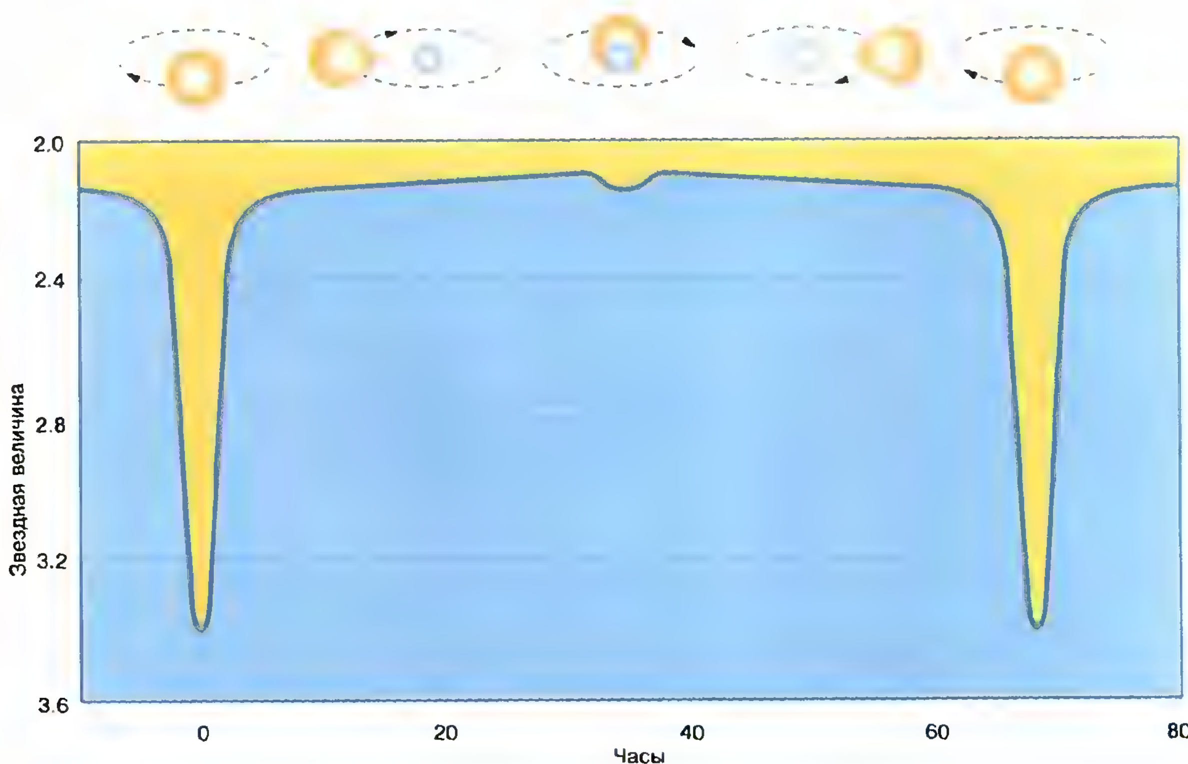
Большинство двойных звезд (или просто — двойных) слишком близки друг к другу, чтобы их можно было различить по отдельности даже в самые мощные телескопы. Если расстояние между партнерами достаточно велико, орбитальный период может измеряться годами, а иногда целым столетием или даже больше. Двойные звезды, которые ты можешь увидеть раздельно, называются видимыми двойными.

Открытие двойных звезд

Чаще всего двойные звезды определяются либо по необычному движению более яркой из двух, либо по их совместному спектру. Если какая-нибудь звезда совершает на небе регулярные колебания, это означает, что у нее есть невидимый партнер. Тогда говорят, что это астрометрическая двойная звезда, обнаруженная с помощью измерений ее положения.

Спектроскопические двойные звезды обнаруживают по изменениям и особым характеристикам их спектров. Спектр обыкновенной звезды, вроде Солнца, подобен непрерывной радуге, пересеченной многочисленными узкими щелями — так называемыми линиями поглощения. Точные цвета, на которых расположены эти линии, изменяются, если звезда движется к нам или от нас. Это явление называется эффектом Доплера.

Когда звезды двойной системы движутся по своим орбитам, они попеременно то приближаются к нам, то удаляются. В результате линии их спектров перемещаются на некотором участке радуги. Такие подвижные линии спектра говорят о том, что звезда — двойная. Если оба участника двойной системы имеют примерно одинаковый блеск, в спектре можно увидеть два набора линий. Если одна из звезд гораздо ярче другой, ее свет будет доминировать, но регулярное смещение спектральных линий все равно выдаст ее истинную двойную природу.



◁ Алголь, мигающая звезда, — вторая по яркости в Персее. Каждые 69 часов ее блеск внезапно снижается на одну звездную величину. Этот процесс занимает четыре часа, а минимальный блеск держится всего 20 минут, после чего за пять часов он возрастает до первоначального. На самом деле Алголь — двойная звезда: в эту систему входят горячая бело-голубая и более тусклая желтая звезды. Горячая звезда мигает, когда перед ней проходит более тусклая. Небольшое снижение блеска происходит и в те моменты, когда желтая звезда скрывается за голубой, но на глаз это незаметно.

Измерение скоростей звезд двойной системы и применение закона всемирного тяготения представляют собой важный метод определения масс звезд. Изучение двойных звезд — это единственный прямой способ вычисления звездных масс. Тем не менее в каждом конкретном случае не так просто получить точный ответ.

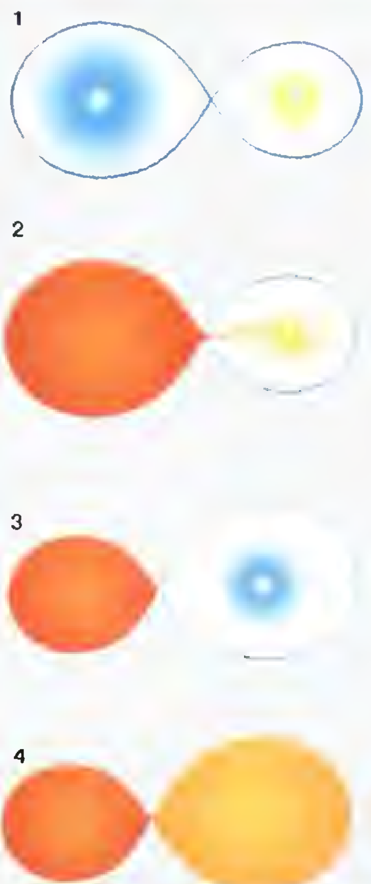
Тесные двойные звезды

В системе близко расположенных двойных звезд взаимные силы тяготения стремятся растянуть каждую из них, придать ей форму груши. Если тяготение достаточно сильно, наступает критический момент, когда вещество начинает утекать с одной звезды и падать на другую. Вокруг этих двух звезд имеется некоторая область в форме трехмерной восьмерки, поверхность которой представляет собой критическую границу. Эти две грушеобразные фигуры, каждая вокруг своей звезды, называются полостями Роша. Если одна из звезд вырастает настолько, что заполняет свою полость Роша, то вещество с нее устремляется на другую звезду в той точке, где полости соприкасаются. Часто звездный материал не опускается прямо на звезду, а сначала закручивается вихрем, образуя так называемый аккреционный диск. Если обе звезды настолько расширились, что заполнили свои полости Роша, то возникает контактная двойная звезда. Материал обеих звезд перемешивается и сливается в шар вокруг двух звездных ядер. Поскольку в конечном счете все звезды разбухают, превращаясь в гиганты, а многие звезды являются двойными, то взаимодействующие двойные системы — явление нередкое.

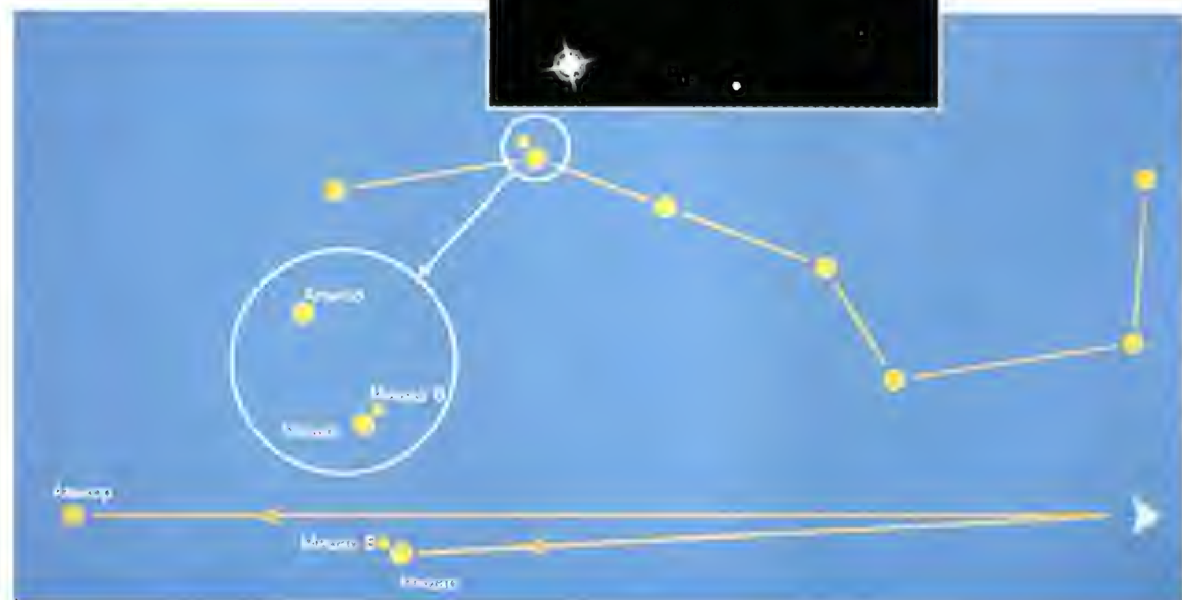
ЭВОЛЮЦИЯ ТЕСНОЙ ДВОЙНОЙ СИСТЕМЫ

Знаменитая затменно-двойная звезда Алголь является хорошим примером пары звезд, обменивающихся материалом. Если бы обе эти звезды были одиночными, вроде нашего Солнца, их эволюция была бы совершенно иной.

1. Алголь родилась как пара звезд, более крупная из которых в 3 раза превосходила по массе Солнце, а та, что поменьше — в 1,5 раза.
2. Более крупная звезда гораздо быстрее использовала свои запасы водорода, чем ее компаньон, и, постепенно расширяясь, превратилась в красного гиганта, заполнившего свою полость Роша. Красный гигант начал перебрасывать материал своему партнеру.
3. Теперь звезды поменялись ролями. Та, что вначале была большой звездой, теперь по массе уступает Солнцу, в то время как масса другой звезды увеличилась до 3,7 солнечных масс. Небольшое количество материала все еще перетекает с одной звезды на другую.
4. В будущем другая звезда тоже расширится, и тогда обе они придут в соприкосновение, а общий материал окутает их одним покровом.







◁ Звезды Мицар и Алькор в Большой Медведице кажутся расположенными очень близко друг к другу, но это чистая случайность. На самом деле их разделяет расстояние в 10 световых лет. Однако Мицар действительно имеет парную звезду, под названием Мицар В. На вмонтированной сверху фотографии хорошо видны два набора «шипов». Эти шипы возникают из-за крепления зеркал в телескопе, но в данном случае они помогают обнаружить присутствие еще одной звезды. Спектры Мицара и Мицара В показывают, что это спектроскопические двойные звезды, так что в целом эта звездная система состоит из четырех звезд.

Звезда переливается через край

Одним из поразительных результатов переноса массы в двойных звездах является так называемая вспышка новой. Одна звезда расширяется так, что заполняет свою полость Роша; это означает раздувание наружных слоев звезды до того момента, когда ее материал начнет захватываться другой звездой, подчиняясь ее тяготению. Эта вторая звезда — белый карлик. Внезапно блеск увеличивается примерно на десять звездных величин — вспыхивает новая.

Происходит не что иное, как гигантский выброс энергии за очень короткое время, мощный ядерный взрыв на поверхности белого карлика. Когда материал с раздувшейся звезды устремляется к карлику, давление в низвергающемся потоке материи резко возрастает, а температура под новым слоем увеличивается до миллиона градусов. Наблюдались случаи, когда через десятки или сотни лет вспышки новых повторялись. Другие взрывы наблюдались лишь однажды, но они могут повториться через тысячи лет. На звездах иного типа происходят менее драматические вспышки — карликовые новые, — повторяющиеся через дни и месяцы.



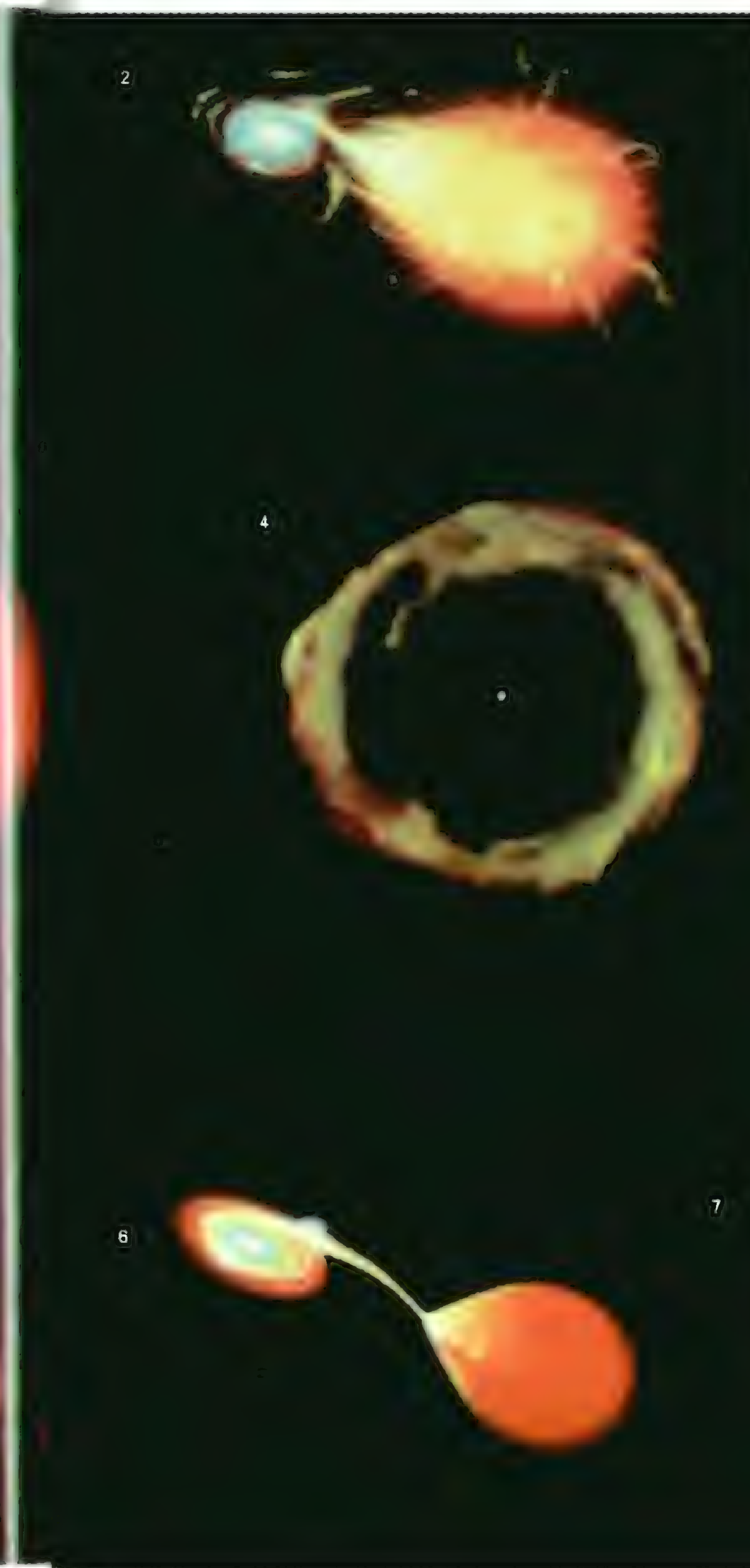


△ Звезда, расположенная в центре этих двух фотографий, лежит в созвездии Лебедь, она взорвалась в качестве новой в 1975 г. На снимке показана эта новая в пике своего блеска и несколько месяцев спустя (указано стрелкой), когда она снова поблекла



◁ Эта звезда в созвездии Лебедь вспыхнула как новая в январе 1994 г. Светлое кольцо — это край газового пузыря, выброшенного новой. Эта картина наблюдалась космическим телескопом «Хаббл» в январе 1994 г.

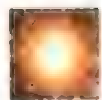




ВЗРЫВ НОВОЙ

1. В этой недавно возникшей двойной системе у желтой звезды, подобной нашему Солнцу, имеется партнер с массой, в 4 раза превосходящей массу Солнца, то есть вторая звезда является большей по размеру и более горячей.
2. Более массивная звезда расширяется, и материал стекает с нее, образуя аккреционный диск вокруг звезды-напарницы.
3. В дальнейшем обе звезды оказываются погребенными внутри одного громадного красного гиганта.
4. В конечном счете наружный покров сбрасывается в виде огромной газовой оболочки. Маленькое пятнышко в центре — это обе звезды вместе, они расположены так близко друг к другу, что в данном масштабе невозможно различить их по отдельности.
5. Остатки звездной пары — белый карлик и красный карлик. Красный карлик постепенно разогревается до сверхвысоких температур под действием излучения, идущего от его еще более горячего компаньона.
6. Материал от красного карлика устремляется на белый карлик, образуя мост и аккреционный диск.
7. Белый карлик больше не может принимать вещество, и происходит ядерный взрыв колоссальной силы. Мы наблюдаем подобные явления в виде вспышек новых.

Экзотические звезды



Как только кончается водородное топливо, гравитационные силы берут верх и звезда сжимается. В конце жизненного цикла истощенная звезда может тихо угаснуть в виде белого карлика, либо погибнуть более драматически — звездным взрывом. В результате взрывов гигантских звезд в космическом пространстве могут образоваться черные дыры.

Когда ядерное топливо звезды оказывается израсходованным и в ее глубинах прекращается выработка энергии, звезда начинает сжиматься к центру. Сила тяготения, направленная внутрь, больше не уравновешивается выталкивающей силой горячего газа. Дальнейшее развитие событий зависит от массы сжимающегося материала.

Если эта масса не превосходит солнечную более чем в 1,4 раза, звезда стабилизируется, становясь белым карликом. Катастрофического сжатия не происходит благодаря основному свойству электронов. Существует такая степень сжатия, при которой они начинают отталкиваться, хотя никакого источника тепловой энергии уже нет. Правда, это происходит лишь тогда, когда электроны и атомные ядра сжаты невероятно сильно, образуя чрезвычайно плотную материю.

Белый карлик с массой Солнца по объему приблизительно равен Земле. Всего лишь чашка вещества белого карлика весила бы на Земле сотню тонн. Любопытно, что чем массивнее белые карлики, тем меньше их объем.

Что представляет собой внутренность белого карлика, вообразить очень трудно. Скорее всего это нечто вроде единого гигантского кристалла, который постепенно остывает, становясь все более тусклым и красным. В действительности, хотя астрономы белыми карликами называют целую группу звезд, лишь самые горячие из них, с температурой поверхности около 10 000°С, на самом деле белые. В конечном итоге каждый белый карлик превратится в темный шар радиоактивного пепла — абсолютно мертвые останки звезды.

Белые карлики настолько малы, что даже наиболее горячие из них испускают совсем немного света, и обнаружить их бывает нелегко. Тем не менее количество известных белых карликов сейчас исчисляется сотнями; по оценкам астрономов, не менее десятой части всех звезд Галактики — белые карлики. Сириус, самая яркая звезда нашего неба, является членом двойной системы, и его напарник — белый карлик под названием Сириус В.



◁ На этой фотографии можно разглядеть слабый белый карлик, партнер Сириуса, самой яркой звезды нашего неба. Он называется Сириус В. Этой паре требуется 50 лет, чтобы совершить полный путь по орбитам один вокруг другого.

Нейтронные звезды

Если масса сжимающейся звезды превосходит массу Солнца более чем в 1,4 раза, то такая звезда, достигнув стадии белого карлика, на этом не остановится. Гравитационные силы в этом случае столь велики, что электроны вдавливаются внутрь атомных ядер. В результате протоны превращаются в нейтроны (см. с. 20—21), способные прилегать друг к другу без всяких промежутков. Плотность нейтронных звезд превосходит даже плотность белых карликов; но если масса материала не превосходит 3 солнечных масс, нейтроны, как и электроны, способны сами предотвратить дальнейшее сжатие. Типичная нейтронная звезда имеет в поперечнике всего лишь от 10 до 15 км, а один кубический сантиметр ее вещества весит около миллиарда тонн.

Помимо неслыханно громадной плотности, нейтронные звезды обладают еще двумя особыми свойствами, которые позволяют их обнаружить, невзирая на столь малые размеры: это быстрое вращение и сильное магнитное поле. В общем, вращаются все звезды, но когда звезда сжимается, скорость ее вращения возрастает — точно так же, как фигурист на льду вращается гораздо быстрее, когда прижимает к себе руки. Нейтронная звезда совершает несколько оборотов в секунду. Наряду с этим исключительно быстрым вращением, нейтронные звезды имеют магнитное поле, в миллионы раз более сильное, чем у Земли.

Пульсары

Первые пульсары были открыты в 1968 г., когда радиоастрономы обнаружили регулярные сигналы, идущие к нам из четырех точек Галактики. Ученые были поражены тем фактом, что какие-то природные объекты могут излучать радиоимпульсы в таком правильном и быстром ритме. Вначале (правда, ненадолго) астрономы даже заподозрили участие неких мыслящих существ, обитающих в глубинах Галактики. Но вскоре было найдено естественное объяснение. В мощном магнитном поле нейтронной звезды движущиеся по спирали электроны генерируют радиоволны, которые излучаются узким пучком, как луч прожектора. Звезда быстро вращается, и радиолуч пересекает линию нашего наблюдения, словно маяк. Некоторые пульсары излучают не только радиоволны, но и световые, рентгеновские и гамма-лучи. Период самых медленных пульсаров — около четырех секунд, а самых быстрых — тысячные доли секунды. Вращение этих нейтронных звезд было по каким-то причинам еще более ускорено; возможно, они входят в двойные системы.



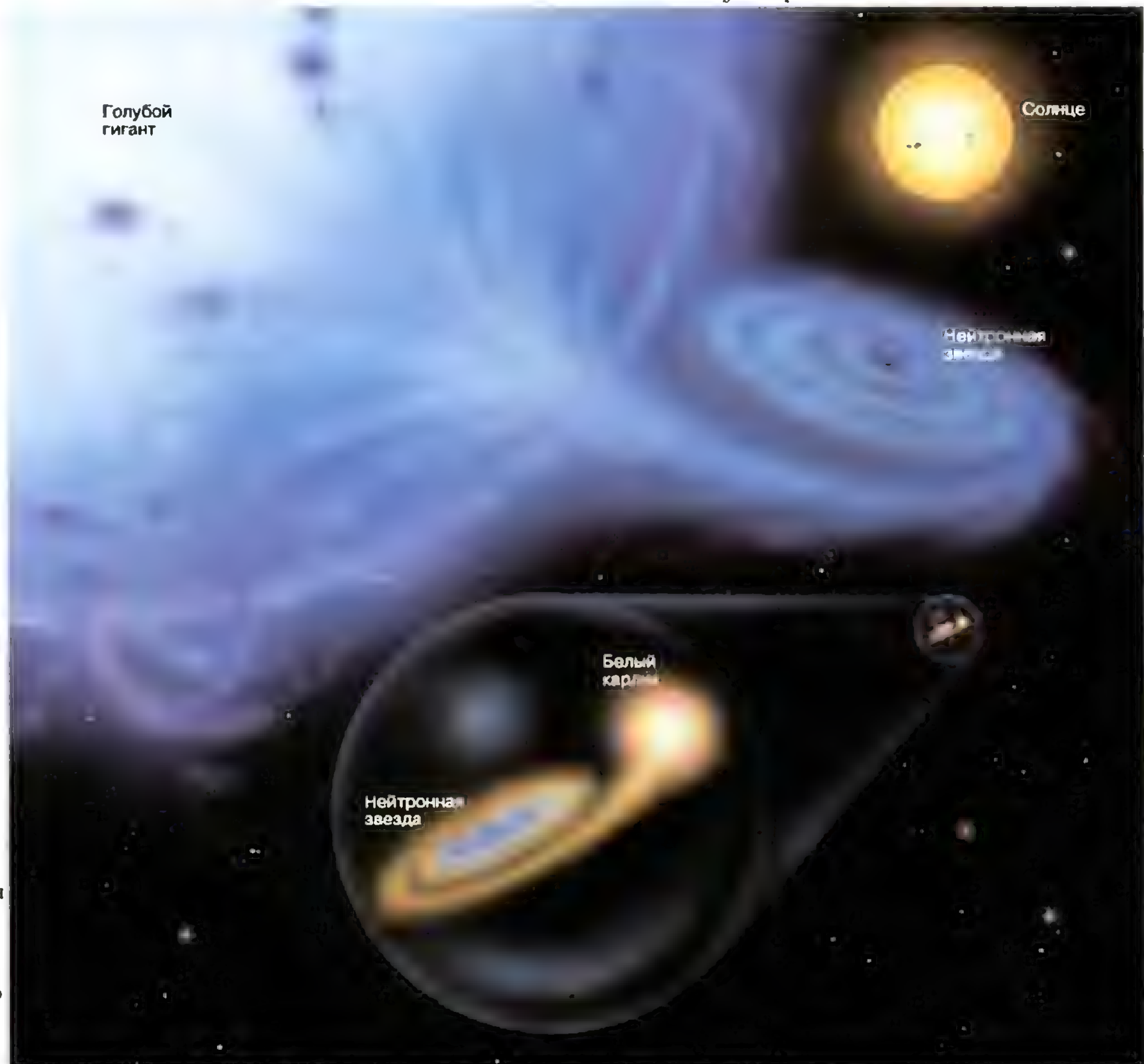
∆ В пульсаре магнитное поле нейтронной звезды наклонено под некоторым углом к оси ее вращения. Когда звезда вращается вокруг своей оси, пучок радиоволн, направленный вдоль магнитной оси, описывает в пространстве нечто вроде конуса, словно луч прожектора. Когда этот луч задевает Землю, мы регистрируем радиоимпульсы.

Рентгеновские двойные звезды

В Галактике найдено, по крайней мере, 100 мощных источников рентгеновского излучения. Рентгеновские лучи обладают настолько большой энергией, что для возникновения их источника должно произойти нечто из ряда вон выходящее. По мнению астрономов, причиной рентгеновского излучения могла бы служить материя, падающая на поверхность маленькой нейтронной звезды.

Возможно, рентгеновские источники представляют собой двойные звезды, одна из которых очень маленькая, но массивная; это может быть нейтронная звезда, белый карлик или черная дыра. Звезда-компаньон может быть либо массивной звездой, масса которой превосходит солнечную в 10—20 раз, либо иметь массу, превосходящую массу Солнца не более чем вдвое. Промежуточные варианты представляются крайне маловероятными. К таким ситуациям приводит сложная история эволюции и обмен массами в двойных системах. Финальный результат зависит от начальных масс и начального расстояния между звездами.

В двойных системах с небольшими массами вокруг нейтронной звезды образуется газовый диск. В случае же систем с большими массами материал устремляется прямо на нейтронную звезду — ее магнитное поле засасывает его, как в воронку. Именно такие системы часто оказываются рентгеновскими пульсарами.



▷ Когда в состав двойной системы входит нейтронная звезда, падение на нее вещества с ее партнера приводит к выделению очень большого количества энергии в виде рентгеновского излучения. Есть два типа рентгеновских двойных звезд: кроме нейтронной звезды, в такую систему может входить либо белый карлик, либо массивный голубой гигант. На этой картинке оба варианта показаны с соблюдением масштаба. Для сравнения в том же масштабе изображено Солнце, а схема с белым карликом показана также в увеличенном виде.

Черные дыры

Согласно теоретическим расчетам, масса нейтронной звезды не может превышать трехкратной массы Солнца. А что же случится при сжатии более массивной звезды? Наибольшим признанием пользуется идея, что в этом случае образуется черная дыра.

Черные дыры обладают фантастическими свойствами, придающими им особый интерес. В области, окружающей сжавшуюся массу, поле тяготения оказывается столь сильным, что не выпускает наружу даже свет. Граница такой области называется горизонтом событий, потому что ни один внешний наблюдатель не может видеть ничего из происходящего внутри, за этим горизонтом. А внутри ничто — за исключением, возможно, каких-то неизвестных нам физических явлений — не может остановить безудержное сжатие (коллапс) материи в бесконечно малую точку. На самом деле там, на горизонте событий, нет никаких опознавательных знаков, и воображаемый астронавт, падающий в черную дыру, не заметил бы ничего особенного — но это вроде клапана с односторонним действием. Внутрь может провалиться все, что угодно, но ничего и никогда уже не выйдет обратно. Для черной дыры, масса которой в три раза превышает солнечную, радиус горизонта событий составляет 9 км.

Существуют ли черные дыры в действительности? Почти наверняка, да. В целом ряде двойных систем, где массы партнеров удается вычислить по особенностям их движения, несомненно, имеются очень компактные объекты, которые слишком массивны, чтобы быть даже нейтронными звездами. В одной из рентгеновских двойных систем, называемой AO620-00, удалось очень точно измерить массу компактной звезды (для этого использовались данные разных видов наблюдений). Она оказалась равной 16 массам Солнца, что намного превышает возможности нейтронных звезд. В другом двойном рентгеновском источнике, V404 Лебедя, есть черная дыра с массой не менее 6,3 солнечной.

Кроме черных дыр с массами, типичными для звезд, почти наверняка существуют и сверхмассивные черные дыры, расположенные в центрах галактик. Лишь падение вещества в черную дыру может быть источником колоссальной энергии, исходящей из ядер активных галактик.

Сверхновые

Звезды, массы которых не достигают 1,4 солнечной, умирают тихо и безмятежно. А что происходит с более массивными звездами? Как возникают нейтронные звезды и черные дыры?

Катастрофический взрыв, которым заканчивается жизнь массивной звезды, — это воистину впечатляющее событие. Это самое мощное из природных явлений, совершающихся в звездах. В мгновение ока высвобождается больше энергии, чем излучает ее наше Солнце за 10 миллиардов лет. Световой поток, посылаемый одной гибнущей звездой, эквивалентен целой галактике, а ведь видимый свет составляет лишь малую долю полной энергии. Остатки взорвавшейся звезды разлетаются прочь со скоростями до 20 000 км в секунду.

КРАБОВИДНАЯ ТУМАННОСТЬ

Один из самых известных остатков сверхновой, Крабовидная туманность, обязана своим названием Уильяму Парсонсу, третьему графу Россу, который первым наблюдал ее в 1844 г. Ее впечатляющее имя не совсем соответствует этому странному объекту. Теперь мы знаем, что эта туманность — остаток сверхновой, которую наблюдали и описали в 1054 г. китайские астрономы. Ее возраст был установлен в 1928 г. Эдвином Хабблом, измерившим скорость ее расширения и обратившим внимание на совпадение ее положения на небе со старинными китайскими записями. Она имеет форму овала с неровными краями; красноватые и зеленоватые нити светящегося газа видны на фоне тусклого белого пятна.

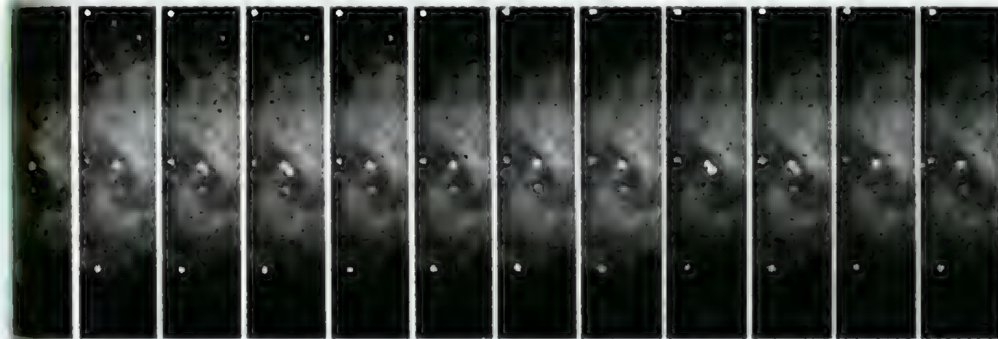
Нити светящегося газа напоминают сеть, наброшенную на отверстие. Белый свет исходит от электронов, несущихся по спиралям в сильном магнитном поле. Туманность является также интенсивным источником радиоволн и рентгеновских лучей. Когда астрономы осознали, что пульсары — это нейтронные звезды, возникающие при взрывах сверхновых, им стало ясно, что искать пульсары надо именно в таких остатках типа Крабовидной туманности. В 1969 г. было обнаружено, что одна из звезд вблизи центра туманности периодически излучает радиоимпульсы, а также световые и рентгеновские сигналы через каждые 33 тысячных доли секунды. Это очень высокая частота даже для пульсара, но она постепенно понижается. Те пульсары, которые вращаются гораздо медленнее, намного старше пульсара Крабовидной туманности.

НАИМЕНОВАНИЕ СВЕРХНОВЫХ

Хотя современные астрономы не были свидетелями сверхновой в нашей Галактике, им удалось наблюдать по крайней мере второе по интересу событие — сверхновую в 1987 г. в Большом Магеллановом облаке, ближней галактике, видимой в южном полушарии. Сверхновой дали имя SN 1987A. Сверхновые именуются годом открытия, за которым следует заглавная латинская буква в алфавитном порядке, соответственно последовательности находок. SN — это сокращение от «сверхновая». (Если за год их открыто более 26, следуют обозначения AA, BB и т.д.)



◁ Этот воронкообразный колодец изображает гравитационное действие черной дыры. Попасть в область притяжения черной дыры — все равно, что угодить в центр водоворота. Все, что находится во внешней области (на рисунке — светлого цвета), способно удерживаться на постоянной дистанции от черной дыры. То, что находится в промежуточной области, еще может избежать попадания в дыру, если будет с достаточной скоростью двигаться прямо от нее. Но даже свет уже никогда не сможет вырваться из самой внутренней области (наиболее темного цвета).



△ На этих фотографиях, сделанных с очень большой скоростью, видны проблески пульсара в Крабовидной туманности. Пульсар находится в центре кадров.



◁ Крабовидная туманность, сфотографированная с помощью 5-метрового телескопа-рефлектора в обсерватории Маунт Паломар, Калифорния (США).

Такие грандиозные звездные взрывы называются сверхновыми. Сверхновые — довольно редкое явление. Каждый год в других галактиках обнаруживают от 20 до 30 сверхновых, главным образом в результате систематического поиска. За столетие в каждой галактике их может быть от одной до четырех. Однако в нашей собственной Галактике сверхновых не наблюдали с 1604 г. Может быть, они и были, но остались невидимыми из-за большого количества пыли в Млечном Пути. Радиоастрономы обнаружили кольцо газа, оставшегося от сверхновой в созвездии Кассиопеи, и вычислили дату взрыва — 1658 г. В то время никто не зарегистрировал необычно яркой звезды, хотя одна довольно скромная звездочка, которую впоследствии уже не видели, была отмечена в этом же месте на звездной карте 1680 г.

Сверхновая — смерть звезды

Чтобы разобраться в том, что приводит к взрыву сверхновой, нам придется рассмотреть последние стадии эволюции массивной звезды. Когда весь водород в центральном ядре превращается в гелий, начинаются новые ядерные процессы, преобразующие гелий в углерод. Но дальше от центра, в оболочке, водород все еще соединяется, образуя гелий. Когда гелий использован, горючим становится углерод. В слоях, расположенных вокруг ядра, протекает весь ряд последовательных ядерных реакций, так что звезда приобретает структуру, напоминающую луковицу.

В последней стадии ядро звезды состоит уже из железа и никеля, а в сло-



◁ Туманность Петля в созвездии Лебедя представляет собой часть огромной газовой оболочки, сброшенной при взрыве сверхновой около 30 000 лет назад.

ях вокруг него идет ядерное горение кремния, неона, кислорода, углерода и гелия. Все это ведет к образованию в центре звезды белого карлика, пока масса не превышает критического рубежа в 1,4 солнечной. А за этим пределом наступает катастрофическое сжатие — коллапс ядра. Менее чем за секунду ядро уменьшается от размеров Земли до 100 км в поперечнике. Его плотность становится такой, как у атомного ядра (примерно в 100 миллион миллион миллионов раз больше, чем плотность воды). Вещество сливается в нечто подобное гигантскому атомному ядру — образуется нейтронная звезда.

В тот момент, когда нейтроны во внутренней части ядра оказываются способными предотвратить дальнейшее сжатие, процесс внезапно останавливается. Немедленно на еще падающий к центру материал обрушиваются встречные ударные волны, и в звезду вливается энергия огромного количества частиц, называемых нейтрино. В результате звезда сбрасывает свои наружные слои, открывая взгляду скрывавшееся под ними нейтронное ядро. По мнению астрономов, большая часть нейтронных звезд, если не все они, родились во взрывах сверхновых. При определенных условиях ядро может оказаться достаточно массивным, чтобы вместо нейтронной звезды образовалась черная дыра.

У нас есть ясная картина того, как массивные звезды заканчивают свое существование взрывами сверхновых. Но это не единственный способ запуска подобных взрывов. Лишь около четверти всех сверхновых появляется таким путем. Они отличаются своими спектрами и специфической картиной возгорания и затухания. Как действуют другие сверхновые, пока не вполне ясно. Наиболее достоверная теория предполагает, что они начинаются с белых карликов в двойных системах. Вещество перетекает на белый карлик с его партнера до тех пор, пока масса карлика не превысит 1,4 солнечной. Затем следует взрыв сверхновой, и вся звезда, по-видимому, навсегда разрушается.

Сверхновая сохраняет свою максимальную яркость лишь около месяца, а затем непрерывно угасает. В это время источником световой энергии является радиоактивный распад вещества, образовавшегося при взрыве. Еще долгое время после взрыва можно наблюдать вещество сброшенной оболочки, постепенно расходящееся в окружающем пространстве. Такие туманности называют остатками сверхновых. В созвездии Тельца имеется Крабовидная туманность, представляющая собой остаток сверхновой, вспыхнувшей в 1054 г. Обширное тонкое кольцо вещества в Лебеде, так называемая Петля Лебедя, осталась от вспышки сверхновой, произошедшей около 30 000 лет назад. Остатки сверхновых — одни из сильнейших источников радиоволн в нашем небе.

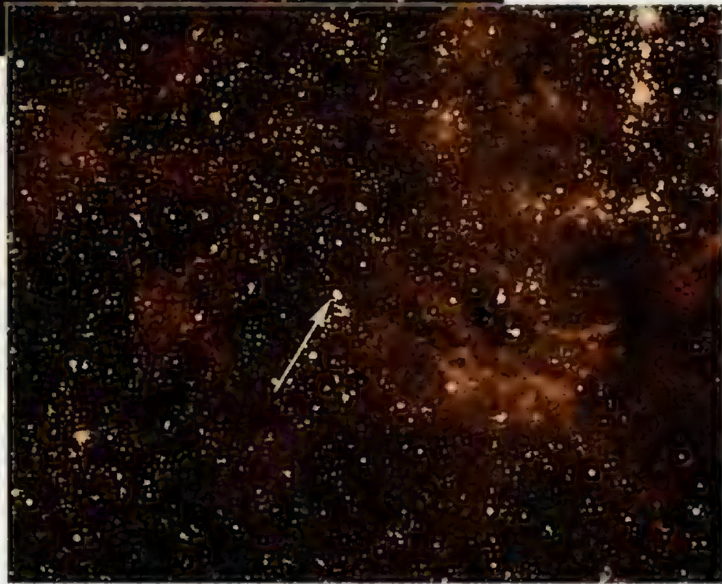
СВЕРХНОВАЯ 1987А

Когда 24 февраля 1987 г. была открыта SN 1987A, астрономы были очень взволнованы: ведь это была самая яркая сверхновая с 1604 г. Хотя на этот раз сверхновая вспыхнула не в нашей Галактике, а в соседней — Большом Магеллановом облаке, ее звездная величина в максимуме блеска достигла 2,9, что позволяло легко наблюдать сверхновую в южном полушарии невооруженным глазом. Впервые развитие сверхновой стало доступно наблюдению с помощью современной аппаратуры. Используя фотографии, снятые до вспышки, удалось даже определить, какая именно звезда взорвалась. Это оказался голубой сверхгигант с массой примерно в 17 солнечных; согласно расчетам, его возраст составлял около 20 миллионов лет.

На самом деле взрыв произошел примерно за день до его обнаружения. Это было установлено по более ранней фотографии, а исследователи, изучающие потоки космических нейтрино, 23 февраля зарегистрировали неожиданно большое их количество.

Нейтрино — это элементарные частицы, вряд ли имеющие массу. Их очень трудно регистрировать, но такая работа чрезвычайно важна, так как нейтрино уносят большое количество энергии в целом ряде ядерных реакций. Обнаружение нейтрино показало, что наша теория возникновения сверхновой в основном верна. Однако на месте вспышки этой сверхновой не удалось обнаружить пульсар или нейтронную звезду.





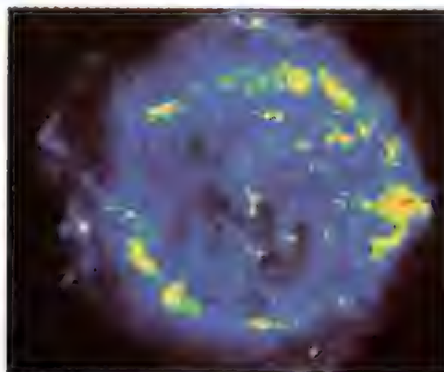
◁ ▽ Сверхновая 1987А ярко сияет в Большом Магеллановом облаке (слева), на том месте, где на прежних фотографиях была лишь слабенькая звездочка 12-й звездной величины (нижний снимок).



◁ Эти беспорядочные массы газа — остаток сверхновой, вспыхнувшей 10 000 лет назад. Он находится в южном созвездии Парус и содержит один из мощнейших радиопульсаров.

▷ Старая звезда постепенно сбрасывает большую часть своих внешних оболочек, образуя планетарную туманность. Это один из путей выхода химических элементов, созданных в недрах звезд, в межзвездные газовые облака. В будущем этот газ может собираться в новую звезду.





◁ Кассиопея А — сильнейший после Солнца радиоисточник нашего неба. Это остаток сверхновой, взорвавшейся около 1667 г. Никто не видел этой вспышки — она была спрятана за мощными пылевыми облаками. Здесь показана радиокарта в условных цветах.



◁ Прерывистое кольцо светящегося газа было выброшено в межзвездное пространство при взрыве сверхновой 1987А. На этом изображении, полученном через четыре года после взрыва, кольцо уже достигает в поперечнике 1,37 светового года. Оно будет расширяться и дальше, пока не смешается с межзвездным газом.

Происхождение элементов

Наш обычный мир — скалистая Земля с ее океанами, атмосферой, растительной и животной жизнью — состоит примерно из 100 различных химических элементов.

Во Вселенной некоторые из них гораздо более распространены, чем другие. Сочетаясь между собой, элементы образуют бесчисленное множество различных веществ. Но откуда взялись сами элементы, эти основные строительные кирпичики мироздания? Сегодня астрономы в состоянии дать полную картину того, как образовались и как распределились по Вселенной различные элементы (см. также с. 20—21).

Простейший из всех элементов — водород. Ядро атома водорода состоит из единственного протона, а добавление к нему одного электрона завершает конструкцию атома. Ядра других элементов содержат различные количества протонов, а также нейтронов, которые входят в состав всех элементов, кроме водорода. В ходе ядерных реакций отдельные ядра могут сливаться с элементарными частицами, вроде нейтрона, и образовывать новые элементы. Для протекания ядерных реакций нужны очень высокие температуры. Такие температуры существовали на ранних стадиях развития Вселенной, а сейчас они встречаются внутри звезд, во взрывах сверхновых, а также при падении вещества на очень плотные звезды типа белых карликов. Весь водород во Вселенной, да и значительная часть гелия, появились на свет в течение нескольких первых минут после начала мира. Первые из сформировавшихся звезд состояли почти целиком из водорода и гелия. Но мы уже видели, как звезды получают свою энергию путем слияния ядер водорода, приводящего к образованию гелия, а затем — слияния гелия с более тяжелыми элементами, когда получается все остальное, включая углерод, кислород, кремний, железо и так далее. Когда звезда сбрасывает оболочку, как сверхновая, большая часть материала выносится в космическое пространство. Тепловая энергия взрыва способствует созданию еще большего числа элементов. После того как произошло достаточно много вспышек сверхновых, межзвездное вещество уже содержит значительное количество веществ, произведенных в звездах — наряду с водородом и гелием, которые были здесь с самого начала. Звезды, которые обходятся без взрыва, также вносят свою лепту, когда они постепенно освобождаются от своих внешних слоев, вызывая появление звездных «ветров» или планетарной туманности.

Теперь самое время напомнить, что звезды формируются из облаков межзвездного материала. Звезды, которые сегодня рождаются в нашей Галактике, образуются из гораздо более разнообразной смеси химических элементов, чем самые первые звезды. Даже наше Солнце уже не принадлежит к первому звездному поколению. Оно сформировалось из облака, в котором было немало углерода, кислорода, кремния, железа и др., — по крайней мере, этих элементов оказалось достаточно, чтобы собрать их воедино во вращающейся туманности, ставшей затем Солнечной системой, и образовать нашу планету. Это может показаться странным, но большинство атомов в твоем собственном теле было создано в недрах давно умерших звезд.

Галактики и Вселенная

Что такое Млечный Путь и когда его можно увидеть? Что такое квазар? Что произошло во время Большого взрыва и что ждет Вселенную в будущем? Куда мы ни взглянем, всюду во Вселенной галактики разбегаются друг от друга. Наблюдая за ними, астрономы восстанавливают историю Вселенной.

Галактика Млечный Путь



Млечный Путь — это наша домашняя галактика, семья из 100 миллиардов звезд. Их свет образует бледную дорожку в ночном небе; различные ее части видны в любом месте Земли. В нашей Галактике есть спиральные рукава, звезды, газ и пыль. Возможно, что в ее центре находится гигантская черная дыра. Диск Галактики окружен обширным облаком — гало — из невидимого вещества.

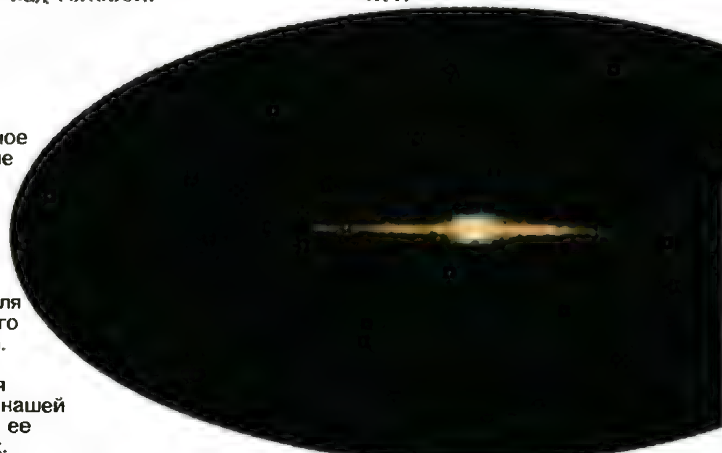
Чтобы увидеть Млечный Путь, найди на звездных картах (с. 150–153) одно из известных созвездий, через которые он проходит. Это Кассиопея, Персей, Возничий, Единорог, Паруса, Южный Крест, Скорпион, Стрелец и Лебедь. Надо, чтобы перед этим твои глаза привыкли к темноте хотя бы в течение 15 минут.

Если взглянуть в бинокль, перед взором возникнут фантастические облака звезд. Теперь ты видишь нашу Галактику такой, как она предстала перед Галилеем четыре столетия назад. Он был поражен, когда увидел, что она состоит из бесчисленных слабых звезд, и понял, что это означает: небеса оказались значительно дальше, чем кто-либо мог предположить. Наиболее богатые звездами участки расположены в южной части Млечного Пути — они создают восхитительное зрелище в Южной Америке, Южной Африке, Австралии и Новой Зеландии. Для северных наблюдателей Млечный Путь предстает в своем лучшем виде летом и осенью, в пору, когда созвездие Лебедя стоит по вечерам прямо над головой.

Вид на Галактику изнутри

Что же в действительности представляет собой Млечный Путь? Это вид изнутри на огромную систему звезд — Галактику, к которой принадлежит и Солнце. Всего здесь находится 100 миллиардов звезд, расположенных в виде тонкого диска со спиральными рукавами. Поскольку мы живем внутри Галактики, ее форму трудно представить себе непосредственно. Наблюдая на небе Млечный Путь, мы смотрим в направлении, лежащем в плоскости диска.

Как следует разглядеть Млечный Путь мешают облака газа и пыли. Они проницаемы для радиоволн, и радиоастрономы установили, что Галактика — это большая спираль, а Солнце расположено в ней на расстоянии 25 000 световых лет от центра. Диаметр основной части диска, состоящего из звезд, достигает 100 000 световых лет, но его толщина гораздо меньше. В той части, где расположено Солнце, она не превышает нескольких сотен световых лет.



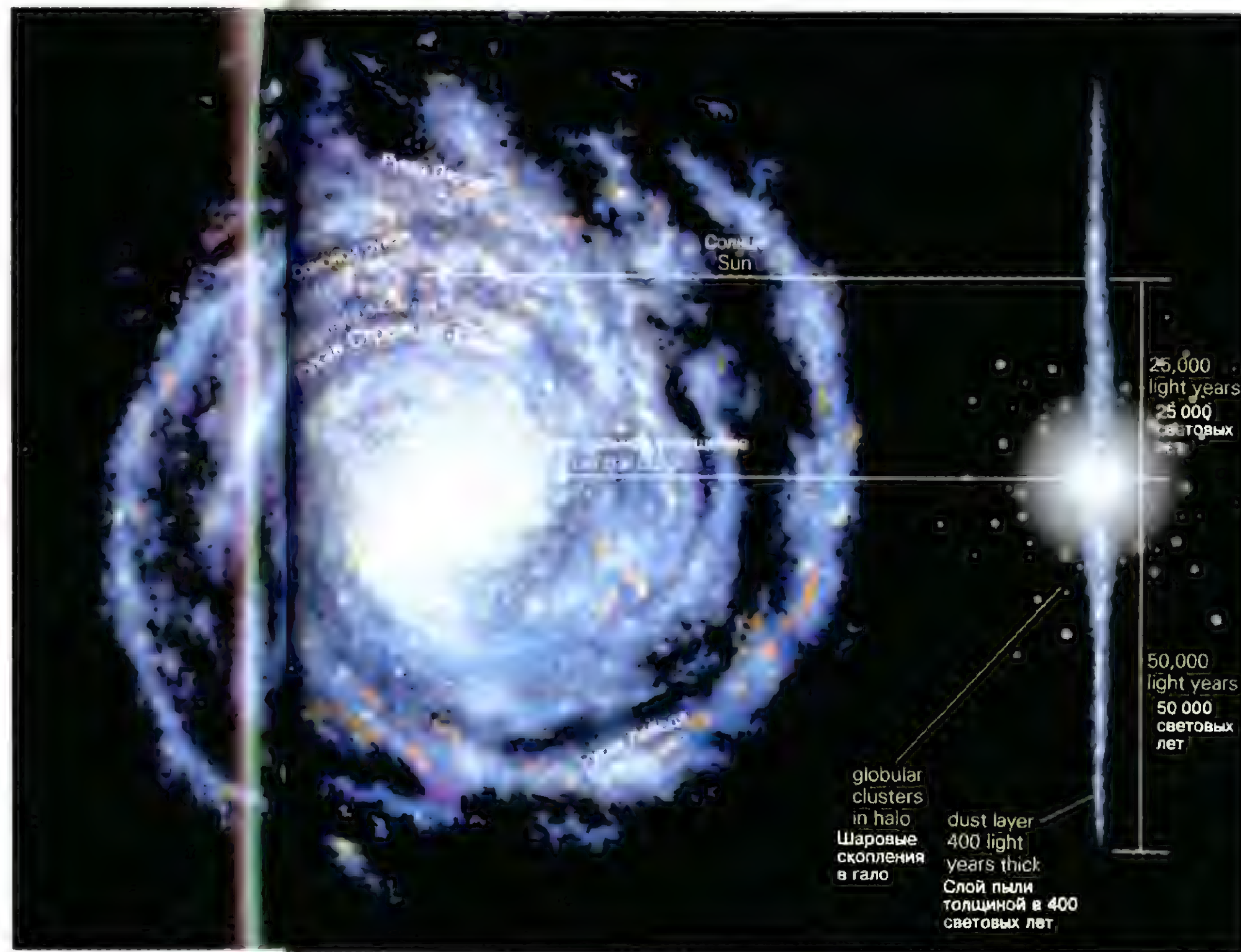
▷ Инфракрасное изображение Млечного Пути, сделанное с помощью аппаратуры спутника — исследователя космического фона (ИКФ). Видны центральная выпуклость нашей Галактики и ее тонкий диск.



▽ На этом рисунке показано, как мог бы выглядеть Млечный Путь с воображаемой планеты, обращающейся вокруг звезды из галактического гало, над основным диском с его спиральными рукавами.

МЛЕЧНЫЙ ПУТЬ В ЦИФРАХ

Размер: 100 000 световых лет в поперечнике.
Толщина вблизи Солнца: 500 световых лет (толщина диска).
Центральная выпуклость: 20 000 световых лет в поперечнике, 3000 световых лет в толщину.
Число звезд: 100 миллиардов.



▷ Форма галактики Млечный Путь при наблюдении сверху (левый рисунок) и сбоку (правый рисунок). Из центральной выпуклости выходит несколько спиральных рукавов. Эти рукава лежат в тонком диске, содержащем слои пыли. Вся Галактика окружена сферическим гало; в нем имеются шаровые звездные скопления, а также некоторое количество отдельных звезд.

В центре внутренней части диска имеется утолщение, сфера из звезд толщиной около 3000 световых лет. В этой области звезды упакованы гораздо плотнее, чем в диске. Спиральный диск вместе со своим центральным утолщением находится внутри обширного гало — облака вещества, простирающегося на 150 000 световых лет от центра.

Внутри диска

Диск Галактики напоминает тонкий блин. В нем есть четыре спиральных ветви — рукава, содержащих газ, пыль и молодые звезды. Наше Солнце находится в Орионовом рукаве — это ветвь, включающая туманность Ориона и туманность Северная Америка. Между Солнцем и центральным утолщением находится рукав Стрельца — Киля, длиной около 75 000 световых лет.

Галактика вращается. Внутренние ее части проходят по своим орбитам намного быстрее, чем внешние. Та же картина наблюдается и в Солнечной системе, где Меркурий обходит вокруг Солнца за 88 дней, а Плутон — за 243 года. Галактическое путешествие нашего Солнца занимает около 200 миллионов лет. Возраст Солнца — около 25 галактических лет, так как оно успело 25 раз обойти вокруг Галактики.

Поскольку области, расположенные ближе к центру Галактики, вращаются по своим орбитам быстрее, возникает вопрос, почему спиральные рукава не намотались сотни раз друг на друга в этом космическом водовороте. Ответ таков: спиральные ветви — это «волны плотности», транспортные пробки на космическом шоссе, где заторы всегда образуются на одних и тех же местах, хотя каждый «автомобиль» (каждая звезда Млечного Пути) в конце концов проезжает дальше.

Когда звезды и газ, совершая свое орбитальное движение вокруг Галактики, приближаются к спиральному рукаву, они врезаются в медленно движущееся вещество рукава. В таких зонах взаимодействия могут рождаться новые звезды. Как только газ и пыль сбиваются в плотное образование, сжатые облака схлопываются под действием сил тяготения и создают новые звезды. При наблюдении других спиральных галактик можно увидеть в их спиральных рукавах молодые звезды и яркие излучающие туманности. В этих рукавах расположены открытые скопления, целые семьи самых юных звезд.

Звезды-беглецы

Большинство звезд в окрестностях Солнца движется по галактическим орбитам со скоростями от 30 до 50 км в секунду, но есть и такие звезды, которые путешествуют в два с лишним раза быстрее. Орбиты этих быстрых звезд пересекают диск Галактики насквозь. Снаружи, в галактическом гало, звезды обладают очень высокими скоростями.

Невидимая Галактика

Зная орбитальные скорости звезд и газа, астрономы вычисляют количество вещества внутри Галактики. Чем быстрее движется звезда по орбите с данным радиусом, тем массивнее должна быть ее галактика. В точности таким же методом находят массу Солнца, используя связь между орбитальной скоростью планеты, радиусом ее орбиты и массой Солнца.

Скорость Солнца и его расстояние от центра Галактики указывают на то, что масса Галактики, заключенная внутри орбиты Солнца, составляет около 100 миллиардов солнечных масс. Это примерно совпадает с массой видимых звезд и газа.

Однако звезды, расположенные снаружи от солнечной орбиты, рассказывают нам нечто совсем другое. Вместо того чтобы замедляться по мере удаления от центра (как это происходит с планетами в Солнечной системе), скорости звезд остаются более или менее постоянными. Это может случиться только в том случае, когда звезды притягиваются намного более мощными гравитационными силами, создаваемыми гигантским количеством невидимого вещества. Скопления в галактическом гало движутся так, как если бы они притягивались в 10 раз большим количеством вещества, чем то, что мы видим.

У Млечного Пути есть две галактики-спутницы, Большое и Малое Магеллановы облака. Орбита одного из них свидетельствует о том, что масса, заключенная в гало, в 5 — 10 раз превышает массу, которую мы наблюдаем в диске.

Невидимое вещество в гало

Большая часть вещества в галактическом гало невидима и, следовательно, не может быть заключена в обычных звездах. Это и не газ, поскольку он был бы обнаружен радиотелескопами или ультрафиолетовыми телескопами. Свет от

далеких галактик проходит к нам сквозь гало, поэтому лишняя масса не может быть пылью. Темное, скрытое от нас вещество могло бы состоять из неких таинственных атомных или ядерных частиц, пока не обнаруженных на Земле. С другой стороны, скрытую массу могут образовать бесчисленные холодные «планеты» или черные дыры. Так или иначе, сейчас девять десятых галактики Млечный Путь невидимы. В дальнейшем мы увидим, что эта проблема скрытой массы распространяется и на другие галактики, и даже на всю Вселенную.

Центр

Центр галактики Млечный Путь лежит в направлении созвездия Стрельца. Центр нельзя увидеть в оптические телескопы, так как его заслоняют обширные скопления пыли. Однако они проницаемы для радиоволн и инфракрасного излучения, которые и снабжают нас информацией о центре Галактики.

В пределах 1000 световых лет от центра звезды расположены очень плотно. Если бы ты оказался на какой-нибудь планете внутри этой переполненной зоны, ты увидел бы в ночном небе добрый миллион очень ярких звезд, так что темнота никогда бы не наступала. Ближайшие звезды отстояли бы всего на несколько световых дней.

В самом сердце Млечного Пути происходит нечто грандиозное. Центральная область является мощным источником радиоволн, инфракрасного и рентгеновского излучений. Мощное инфракрасное излучение исходит из области размером всего в 20 световых лет. На радиокартах этого района видны облака газа, устремляющиеся к центру. Вокруг центра кружится клочковатое газовое кольцо; горячий газ, срываясь с его внутреннего края, падает в центр.

Центральное чудовище

В самом сердце Млечного Пути находится загадочный источник колоссальной энергии. Сияя, как сто миллионов солнц, он столь невелик по размеру, что мог бы целиком поместиться внутри орбиты Юпитера. Его масса примерно в миллион раз больше солнечной. Почти наверняка там находится черная дыра, жадно пожирающая межзвездные газ и пыль и втягивающая в себя свежую пищу из клочковатого газового кольца. Падая на черную дыру, этот газ разогревается и выделяет энергию, которую мы наблюдаем.

Не все астрономы согласны с гипотезой, что энергия образуется благодаря черной дыре. По их мнению, выделение такой энергии могло бы быть результатом мощного взрыва звездных рождений.

Наши соседи, Магеллановы облака

Две галактики, являющиеся спутниками Млечного Пути, Большое и Малое Магеллановы облака, были открыты в XVI в. португальскими мореплавателями во время плавания к берегам Южной Африки. Впоследствии они были названы в честь Фердинанда Магеллана (1480–1521), руководителя первого кругосветного путешествия (1519–1522). Магеллановы облака видны в южном полушарии. Большое облако находится от нас на расстоянии 165 000, а Малое – 200 000 световых лет.

В Большом облаке есть центральная полоса звезд, но нет спиральной структуры. Это галактика среднего размера – в ней около 20 миллиардов звезд. Она в 10 раз ближе к нам, чем ближайшая большая галактика. Поскольку в Большом облаке можно разглядеть отдельные звезды, астрономы часто наблюдают эту галактику, стараясь изучить жизненный путь обычных звезд.

В Большом облаке расположена гигантская излучающая туманность – Тарантул. Это гигантское облако сверхгигантских звезд и газа. Здесь находится большая «фабрика звезд». В 1987 г. именно в этом районе произошел знаменитый взрыв сверхновой (см. с. 122).

Галактический каннибализм

Оба Магелланова облака движутся по орбитам вокруг нашей Галактики. Поскольку они очень удалены от нас, их движение по небу почти незаметно. Однако в 1993 г. астрономам все же удалось измерить это перемещение, сравнивая фотографии, сделанные с интервалом в 17 лет. Звезды Большого облака сдвинулись за это время как раз настолько, что обнаружили это движение. Зная его скорость, астрономы вычислили орбиту Большого облака. Сделав это, они столкнулись с двумя большими неожиданностями.

Прежде всего, скорость оказалась больше, чем ожидалось. Это можно было объяснить, лишь допустив, что Млечный Путь еще больше, чем считалось раньше. По-видимому, невидимое массивное гало примерно в 10 раз превосходит по размеру спиральный диск Галактики. Путешествие по орбите вокруг Млечного Пути занимает у Большого облака около 2,5 миллиарда лет.

Во-вторых, орбита проходит совсем близко к массивному гало. В результате каждый раз, когда Большое облако оказывается достаточно близко, гравитационные силы рвут его в клочья. Гигантский хвост обломков, состоящий из звездных скоплений и водорода, отсасывается наружу. В итоге от Большого облака отделилась длинная тонкая дуга из вещества, которая в настоящее время падает на Млечный Путь. Та же судьба и у Малого облака. Галактики-спутники, подобно гигантским кометам галактического масштаба, оставляют за собой хвосты обломков. По подсчетам астрономов, в ближайшие 10 млрд лет Млечный Путь совершит акт галактического каннибализма, полностью пожрав все вещество Магеллановых облаков.

Путь во Вселенную

Все звезды Большого Магелланова облака удалены от нас более или менее одинаково. Это примерно то же, что сказать: «Все жители Нью-Йорка находятся на одинаковом расстоянии от Лондона». Это означает, что различия в звездных величинах отдельных звезд Магелланова облака полностью обусловлены разницей в их возрасте и химическом составе. Наблюдая звезды нашей собственной Галактики, мы должны учитывать, что расстояния до них совершенно различны, а точное определение этих расстояний – трудная задача. Сравнивая же между собой звезды Магеллановых облаков, можно быть уверенным, что разница в расстояниях почти не сказывается на результате.

В 1912 г. Генриетта Ливитт (1868–1921) из обсерватории Гарвардского колледжа в Кембридже (США) открыла в Большом Магеллановом облаке свыше 20 переменных звезд-цефеид. Спустя четыре года она доказала, что период изменения цефеид зависит от их светимости. Это исключительно важное открытие позволило астрономам вычислять количество света, испускаемого данной звездой. Сопоставляя эту величину с видимым блеском, они смогли определить удаленность этих звезд от нашей Галактики.



◁ Колоссальное количество звезд переполняет эту фотографию Млечного Пути в созвездии Стрельца. Здесь мы смотрим в направлении центра Галактики, где концентрация звезд достигает максимума.





◁ △ Большое Магелланово облако (слева) и Малое Магелланово облако (сверху) – это две малые, нерегулярные галактики, находящиеся в близком соседстве с Млечным Путем. Они видны как туманные пятнышки в ночном небе южного полушария Земли.

Галактики во Вселенной



Галактика Млечный Путь входит в семью соседних галактик, известных как Местная группа, и образует вместе с ними скопление галактик. Среди ближних галактик есть великолепные спирали. Одна из них, галактика Андромеды, является самым удаленным объектом, видимым невооруженным глазом. Большинство галактик во Вселенной имеет либо спиральную, либо эллиптическую форму, и многие из них входят в состав галактических скоплений.

На протяжении XIX в. и в начале XX в. астрономы не знали точно, что это за туманные светлые пятнышки видны им в телескоп. Было ясно, что звезды входят в состав Млечного Пути так же, как и яркие газовые облака вроде туманности Ориона. Но в поисках комет и планет астрономы, такие, как Шарль Мессье и Уильям Гершель, обнаруживали тысячи более слабых туманностей, многие из которых были спиральными. Астрономам хотелось знать, были ли это галактики, расположенные далеко за пределами Млечного Пути, или просто облака газа в нашей Галактике. Ответить на этот вопрос удалось лишь тогда, когда был найден способ измерения расстояний до этих слабых туманностей.

В 1924 г. американский астроном Эдвин Хаббл убедительно доказал, что спиральные туманности — это гигантские галактики, подобные Млечному Пути, но безгранично удаленные от него. Одним ударом он открыл ошеломляющую огромность Вселенной.

Хаббл первым открыл в галактике Андромеды переменные звезды — цефеиды. Они были гораздо слабее, чем цефеиды Магеллановых облаков. Разница в блеске означала, что галактика Андромеды должна быть в 10 раз дальше от нас, чем Магеллановы облака.

Галактику Андромеды можно наблюдать невооруженным глазом — это самый удаленный объект, который можно увидеть без бинокля или телескопа. Бесчисленные галактики намного слабее этой и, следовательно, еще более далеки от нас. Эдвин Хаббл открыл царство галактик. В течение нескольких последующих лет он измерил расстояния до многих других спиралей и смог доказать, что даже ближайшие галактики отдалены от нас на много миллионов световых лет. Размеры наблюдаемой Вселенной намного превысили прежние догадки.

Типы галактик

Существует множество различных видов галактик. Они различаются по форме, размеру, массе и излучаемой энергии. Сначала мы рассмотрим нормальные галактики, которые черпают свою энергию, или свет, из ядерных реакций, протекающих в звездах. В следующей главе мы познакомимся с активными галактиками, источник энергии которых более экзотичен: например, это могут быть черные дыры, заглатывающие целые звезды.

Хаббл был первым, кто систематизировал нормальные галактики по их форме, подразделив их на три типа: эллиптические, спиральные и неправильные.





△ Наша Местная группа галактик, в которой доминируют галактика Андромеды и наша собственная галактика Млечный Путь. Обе представляют собой большие спирали. Вокруг каждой из них расположена группа карликовых галактик.

Эллиптические галактики более или менее напоминают лимон или мяч для регби. У них нет спиральных рукавов, а их форма может изменяться от почти сферической (так называемая Е0) до сигарообразной (Е7). Около трех четвертей всех галактик во Вселенной являются эллиптическими. По размеру они очень разнообразны — от карликов до сверхгигантов. Самые большие из эллиптических галактик достигают в диаметре миллионов световых лет и являются наиболее массивными из всех известных.

Среди спиральных галактик астрономы выделяют два подтипа: пересеченные спирали, у которых есть центральная перемычка из звезд, соединяющая внутренние концы двух спиральных рукавов, и нормальные спирали, у которых рукава начинаются прямо из ядра. Размеры спиралей варьируются от 20 000 до 100 000 световых лет в поперечнике. Млечный Путь по величине оказывается в первых рядах.

Небольшая доля галактик не попадает в какую-либо четкую категорию. Это неправильные галактики, многие из которых являются спутниками более крупных собратьев; таковы, в частности, два Магелланова облака.

Независимо от формы галактики, все находящиеся в ней звезды, газовые облака и пылевые частицы образуют единую семью, удерживаемую вместе силами тяготения. Звезды внутри каждой галактики движутся по своим орбитам вокруг галактики или пересекая ее; это занимает миллионы лет. Все внутри галактик находится в непрерывном движении, но чтобы эти перемещения стали заметны наблюдателю, требуется огромное время.

Местная группа

Вглядываясь в глубокий космос, мы обнаруживаем, что галактики не распределены по Вселенной равномерно. Галактики группируются вместе, образуя скопления, или семьи. Наша собственная семья называется Местной группой. Это, в общем, довольно разреженное образование: около 25 его членов разбросаны на пространстве в 3 миллиона световых лет. Самые крупные из них — Млечный Путь, а также спиральные галактики М31 в Андромеде и М33 в Треугольнике. Млечный Путь сопровождают около девяти карликовых галактик, движущихся поблизости, а Андромеду — еще восемь. Астрономы продолжают находить в нашей Местной группе все новые слабые галактики.

Каждый член Местной группы движется под действием гравитационного притяжения всех остальных членов. Все скопления галактик удерживаются вместе гравитационным полем, которое представляет собой важнейшую из сил,



◁ Нет двух совершенно одинаковых галактик. Эти три принадлежат к одному и тому же спиральному типу. Та, которая расположена в центре, видна почти с ребра; справа — пересеченная спиральная галактика.

действующих во Вселенной на больших расстояниях. Измеряя скорости галактик в Местной группе, астрономы могут вычислить ее общую массу. Она примерно в 10 раз больше, чем масса видимых звезд, — отсюда следует, что в Местной группе должно находиться очень много темного, невидимого вещества.

Скопление в Деве

Если мы продолжим путешествие за пределами Местной группы, нам встретятся другие небольшие группы галактик — например, квинтет Стефана, в котором две спиральные галактики сцепились вместе. А дальше уже мерцают намного более крупные скопления. Громадное скопление Девы, расстояние до которого около 50 миллионов световых лет, — это ближайшее к нам большое скопление галактик. Оно слишком удалено, чтобы можно было вычислить расстояние с помощью переменных звезд. Вместо этого для расчета используют звездные величины самых ярких звезд и максимальных звездных скоплений. Их блеск сравнивают с блеском подобных же объектов, расстояние до которых уже известно.

Скопление Девы огромно; оно раскинулось на участке, примерно в 200 раз превышающем площадь, занимаемую на небе полной Луной! В этом гигантском скоплении насчитывается несколько тысяч членов. В центральной его части находятся три эллиптические галактики, впервые занесенные в списки Шарлем Мессье: M84, M86 и M87. Это действительно громадные галактики. Самая крупная из них, M87, по размеру сравнима со всей нашей Местной группой. Скопление Девы столь массивно, что его гравитационное действие не только удерживает вместе весь этот огромный коллектив, но и простирается вплоть до нашей Местной группы. Наша Галактика и ее компаньоны медленно движутся по направлению к скоплению Девы.

Скопление в созвездии Волосы Вероники

Двигаясь еще дальше, на расстоянии примерно в 350 миллионов световых лет мы прибываем в огромный галактический город в созвездии Волосы Вероники. Это скопление Волос Вероники, содержащее более 1000 ярких эллиптических галактик и, возможно, много тысяч более мелких членов, которые уже невозможно увидеть современными способами. Размер скопления в поперечнике достигает 10 миллионов световых лет; две сверхгигантские эллиптические галактики находятся в самой его сердцевине. Астрономы пред-



▷ В скоплении Волос Вероники галактики концентрируются вблизи центра. Вряд ли здесь имеются спиральные галактики; возможно, это связано с тем, что они сливаются вместе, образуя эллиптические галактики.



▽ Спиральная галактика M33 находится в созвездии Треугольника. Это одна из соседок нашего Млечного Пути; она принадлежит к Местной группе галактик.





△ Скопление галактик в созвездии Волосы Вероники — это ближайшее к нам действительно крупное скопление. Оно находится в центре гигантского сверхскопления галактик. В скопление Волос Вероники входят тысячи галактик



▷ Группа из пяти галактик, названная квинтетом Стефана, по имени астронома, открывшего ее в 1877 г. Одна из этих галактик значительно ближе остальных четырех и частично загораживает одну из них.

полагают, что в этом скоплении содержатся десятки тысяч членов.

Все галактики удерживаются в скоплении силами тяготения. В таком случае скорости галактик внутри скопления указывают, что лишь несколько процентов общей массы заключено в звездах, которые нам видны. Скопление в Волосах Вероники, как и другие крупные скопления такого типа, в основном состоит из темного вещества.

В центральных областях густо населенных скоплений, подобных тому, что находится в Волосах Вероники, вряд ли имеются спиральные галактики. Возможно, это связано с тем, что спиральные галактики, которые когда-то там существовали, слились вместе, образовав эллиптические галактики. Скопление Волос Вероники является сильным источником рентгеновского излучения, испускаемого очень горячим газом с температурой от 10 до 100 миллионов градусов. Этот газ обнаружен в центральной части скопления; по своему химическому составу он близок к материалу звезд.

Возможно, что произошло следующее. Галактики, находящиеся в центральной части скопления, сталкивались друг с другом и, разлетаясь после удара, сбрасывали свои газовые облака. Газ разогревался трением, когда галактики проносились сквозь него со скоростями до тысяч километров в секунду. Поскольку галактики теряли свой газ, их спиральные рукава постепенно исчезли.

▷ На этой карте показано распределение 2 миллионов галактик для одного из участков неба. Галактики собраны в сверхскопления, которые образуют слои и ленты, разделенные обширными пустотами; по структуре это напоминает губку.

Сверхскопления и пустоты

Фотографирование глубокого космоса показывает, что по мере нашего продвижения во Вселенную галактики все появляются и появляются. Почти в любом направлении, куда бы мы ни посмотрели, обнаруживается россыпь слабых галактик, подобная пыли. Некоторые объекты обнаружены на расстоянии до 10 миллиардов световых лет. Каждая из этих бесчисленных галактик содержит миллиарды звезд. Такие числа с трудом представляют себе даже профессиональные астрономы. Внегалактическая Вселенная больше всего, что можно вообразить.

Почти все галактики находятся в скоплениях, содержащих от нескольких штук до многих тысяч членов. Но что можно сказать о самих этих скоплениях: может быть, они тоже группируются в семьи? Да, это именно так!

Местное скопление скоплений, известное как Местное сверхскопление, представляет собой уплощенное образование, в которое входят, в частности, Местная группа и скопление Девы. Центр масс расположен в скоплении Девы, а мы находимся на окраине. Астрономы приложили усилия, чтобы составить трехмерную карту Местного сверхскопления и выявить его структуру. Оказалось, что оно содержит около 400 отдельных скоплений галактик; эти скопления собраны в слои и полосы, разделенные промежутками.

Другое сверхскопление находится в созвездии Геркулеса. До него около 700 миллионов световых лет, причем на протяжении примерно 300 миллионов световых лет по дороге к нему галактики, видимо, не встречаются вовсе.

Таким образом, астрономы установили, что сверхскопления отделены друг от друга гигантскими пустыми пространствами. Внутри сверхскоплений тоже есть как бы «пузыри» размерами в миллионы световых лет, не содержащие галактик. Сверхскопления складываются в нити и ленты, придавая Вселенной в самом грандиозном масштабе губчатую структуру.

Закон Хаббла и красное смещение

Сейчас нам известно, что наша Вселенная все время расширяется, становясь все больше и больше. Решающую роль в открытии сыграл Хаббл. Используя звезды-цефеиды, он определил расстояния до ближайших галактик, а по измерениям красного смещения установил их скорости. Открытие было сделано, когда он построил график, на котором скорости галактик были отложены в зависимости от расстояний до них. Оказалось, что взаимосвязь этих двух величин выражается на графике прямой линией: чем дальше от нас галактика, тем больше ее скорость (см. с. 47). Закон Хаббла утверждает, что чем быстрее движется галактика, тем более она удалена. Хаббл нашел связь между двумя величинами, которые можно было измерить для ближайших галактик: между расстоянием и красным смещением (которое и дает скорость). А после того, как такая связь установлена, закон Хаббла может быть обращен и использован для обратной процедуры. Измеряя красное смещение для более далеких галактик, можно, используя закон Хаббла, вычислить и расстояние до них. Именно так астрономы узнают расстояния до далеких галактик нашей Вселенной.

Конечно, при использовании закона Хаббла существует некоторая неуверенность в правильности результата. Например, если при вычислении расстояний до ближайших галактик допущена неточность, график уже не будет абсолютно правильным: любая ошибка в нем продолжится в дальний космос, когда мы попытаемся узнать с его помощью расстояния до более удаленных галактик.

Тем не менее закон Хаббла является важнейшим методом исследования крупномасштабной структуры Вселенной.

Расширение Вселенной

Почему из закона Хаббла следует, что Вселенная расширяется?

Все галактики разбегаются от нас. Значит, Млечный Путь находится в центре Вселенной? Ведь когда мы видим взрыв — например, фейерверк, взорвавшийся в небе, — то все разлетается во все стороны от места взрыва. Значит, если все вокруг разлетается от нас, мы должны находиться в центре этого расширения? Нет, это не так: мы не находимся в центре.

Когда во время взрыва отдельные части разлетаются в разные стороны, возрастают расстояния между всеми осколками. Это означает, что каждый обломок «видит», как все остальные улетают от него прочь. Чтобы понять, как это получается, возьми воздушный шарик и нарисуй на нем несколько галактик, используя спиральные и эллиптические значки. Теперь медленно надувай шарик. По мере его расширения галактики удаляются друг от друга. Какую бы галактику ты ни выбрал в качестве начала отсчета, все остальные по мере надувания шарика расползаются все дальше и дальше.

Это можно обсудить и с точки зрения математики. Оболочка шарика это изогнутая поверхность, у нее почти нет толщины. Когда ты надуваешь шарик, эта сферическая поверхность, растягиваясь, охватывает все большую часть пространства. Искривленная оболочка, будучи сама двухмерной, расширяется в трехмерном пространстве. И по мере того, как это происходит, все галактики, нарисованные на шарике, все больше удаляются друг от друга.

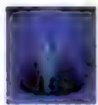
Что же касается Вселенной, то три измерения обычного пространства расширяются в некоем особом четырехмерном пространстве, которое называется пространство-время. Дополнительное измерение — это время. С течением времени три измерения космоса непрерывно увеличивают свою протяженность. Скопления галактик, неразрывно скрепленные с расширяющимся пространством, все время удаляются друг от друга.

Возраст Вселенной

Как астрономы могут определить возраст Вселенной? Возраст дерева мы узнаем, подсчитывая годовые кольца на срезе, — в год нарастает по одному кольцу. Геологи могут оценить возраст горных пород, осевших в отложениях, по найденным в них окаменелостям. Возраст Луны удалось узнать с помощью измерений радиоактивности пород, содержащих радиоактивные элементы. Во всех этих методах так или иначе добывают нужные данные — число колец, виды окаменелостей, интенсивность оставшихся излучений — и с их помощью вычисляют возраст.

Чтобы определить возраст расширяющейся Вселенной, мы изучаем удаленность и скорости большого количества галактик. Оказывается, что с удалением на каждый миллион световых лет скорость галактик возрастает примерно на 20 км/с (астрономы знают это число не вполне точно, с допуском в 2–3 км/с). Зная, как изменяется скорость с расстоянием, мы можем подсчитать, что 17 миллиардов лет назад вся материя находилась в одном и том же месте. Это и есть один из способов определения возраста Вселенной, так как ее возраст — это время, прошедшее после Большого взрыва, когда началось расширение.

Активные галактики



В центрах некоторых галактик происходят гигантские взрывы. Струи вещества вырываются из их центральных областей, а выделение энергии намного превосходит то, на что способны обычные звезды в галактиках. Возможно, источником энергии активных галактик являются черные дыры, расположенные в их центральной части.



◁ Столкновение двух галактик, как его представил себе художник. При таком столкновении газ и пыль передаются от одной галактики к другой. Часть вещества может упасть на центральную черную дыру, выделив колоссальное количество энергии.

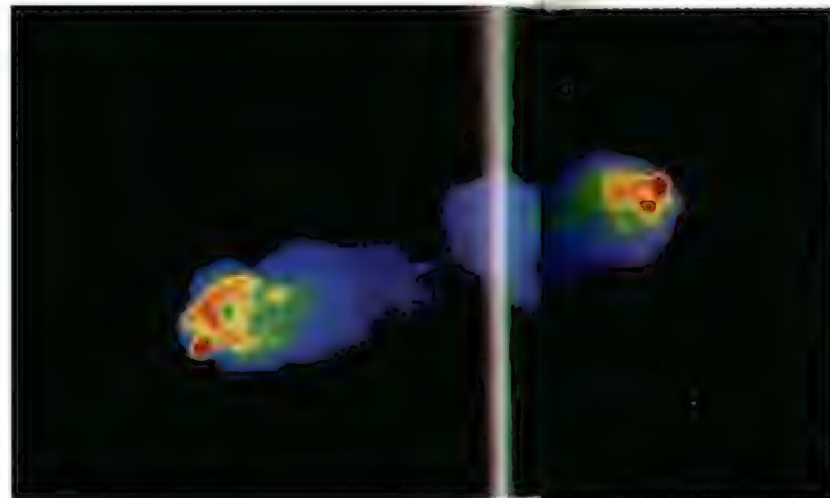
Астрономы обнаружили, что некоторые галактики, всего несколько процентов от их общего числа, обладают необычайной мощностью. Нормальные галактики — основное население Вселенной — излучают энергию, вырабатываемую их звездами: свет нормальной галактики — это в основном звездный свет, испускаемый миллиардами звезд, входящих в ее состав. Для активных галактик это не так. В энергии активной галактики преобладает не звездный свет, а нечто иное.

Как мы можем узнать, что та или иная галактика обладает, кроме своих нормальных звезд, еще и другим источником энергии? Нормальные звезды светятся из-за того, что они раскалены, и спектр их свечения — «тепловой». Спектр активной галактики не похож на спектр звезды. Активные галактики дают сильнейшее излучение, которое исходит не от горячих звезд, а от чего-то еще. Обычно активная галактика испускает гораздо больше инфракрасных лучей, радиоволн, ультрафиолетового и рентгеновского излучений, чем нормальная. Конечно, небольшое количество такой радиации дают и нормальные галактики. Но дело в том, что в активных галактиках радиоволны, либо ультрафиолетовое излучение, либо рентгеновские лучи являются главным видом энергии. Кроме того, количество энергии, которое мы регистрируем, может очень сильно меняться всего за несколько дней.

Энергия наиболее активных галактик исходит из их центра, или ядра, которое может быть в миллиард раз ярче Солнца.

Радиогалактики

Существует много разновидностей активных галактик, а первые их примеры были обнаружены астрономами в 1950-х гг. Радиоастрономия была тогда молодой наукой, родившейся около 1946 г. В начале радиоастрономы думали, что их неуклюжие телескопы

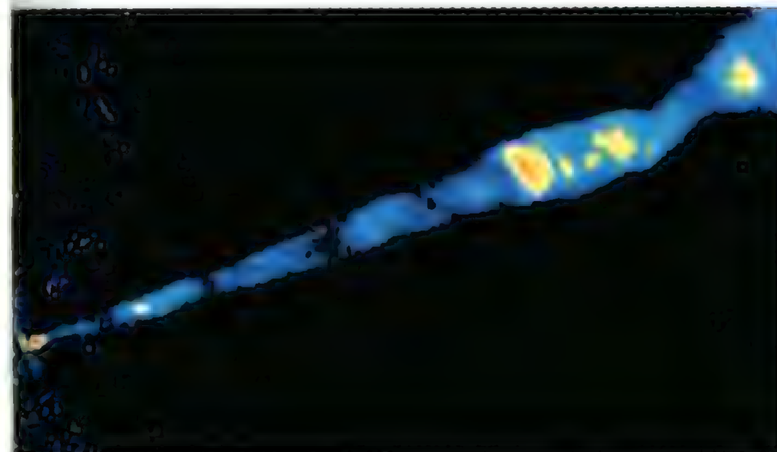




△ Лебедь А — один из мощнейших радиоисточников нашего неба. На радиокарте слева сама галактика была бы лишь маленьким пятнышком как раз посредине между огромными радиооблаками, которые вырываются наружу, в космос. Фотография справа показывает центральную галактику в обычном свете.







◁ △ Гигантская эллиптическая галактика M87 (слева). Возможно, в ее центре находится сверхмассивная черная дыра. На инфракрасном изображении, полученном космическим телескопом «Хаббл» (сверху), ядро галактики выглядит как яркая точка из которой выбрасывается струя вещества. Эта струя является и сильным радиоисточником, как видно на радиокарте (внизу слева).

принимают радиоволны от звезд. Но в 1951 г. в Кембриджском университете Мартин Райл и Грэхем Смит точно установили положение на небе одного из самых мощных радиоисточников, который называется Лебедь А. Работая в обсерватории Маунт Паломар (Калифорния, США), астрономы разглядели едва заметную галактику в том же месте, где находился радиоисточник Лебедь А. Они измерили красное смещение и с помощью закона Хаббла определили расстояние до источника.

Радиогалактика необычного вида оказалась на удивление далека — примерно в 1000 миллионах световых лет от нас, в 500 раз дальше, чем галактика Андромеды. Это фантастическое расстояние прямо-таки поразило астрономов, поскольку радиосигнал от этой галактики по силе почти не уступал радиоизлучению Солнца и был в 10 миллионов раз мощнее, чем радиоволны, приходящие от Андромеды.

Подумай только, насколько должны рассеяться радиоволны, пока они преодолеют немыслимое расстояние от Лебедя А до нас. Чтобы выглядеть таким сильным радиоисточником на таком огромном расстоянии, Лебедь А должен иметь в своем центре какой-то совершенно необычный, могучий источник энергии. Это одна из самых мощных радиогалактик во Вселенной.

Лебедь А содержит два радиоизлучающих облака, охватывающих центральную галактику. В радиогалактиках этого типа радиооблака простираются на миллионы световых лет.

Галактика M87

В центре скопления галактик, находящегося в созвездии Девы, на расстоянии около 50 миллионов световых лет от Земли, находится гигантская галактика M87; она испускает рентгеновские лучи с интенсивностью, эквивалентной миллиарду Солнц. Из ядра этой сверхгигантской галактики извергается извивающаяся струя вещества длиной около 6000 световых лет. Она светится, как 10 миллионов Солнц, и состоит из капель, каждая размером в десятки световых лет.

Радиоастрономам галактика M87 известна как Дева А, сильнейший радиоисточник в созвездии Девы. На радиокартах виден узкий пучок энергии, исходящий из центра M87. Он совпадает со струей, которая видна в оптические телескопы.

Согласно подробной радиоастрономической карте, поперечник активной центральной области M87 составляет всего 45 световых дней. Орбиты звезд в этой области определяются большой концентрацией масс в центре галактики. Там, видимо, находится до 5 миллиардов масс Солнца.

Галактика Кентавр А

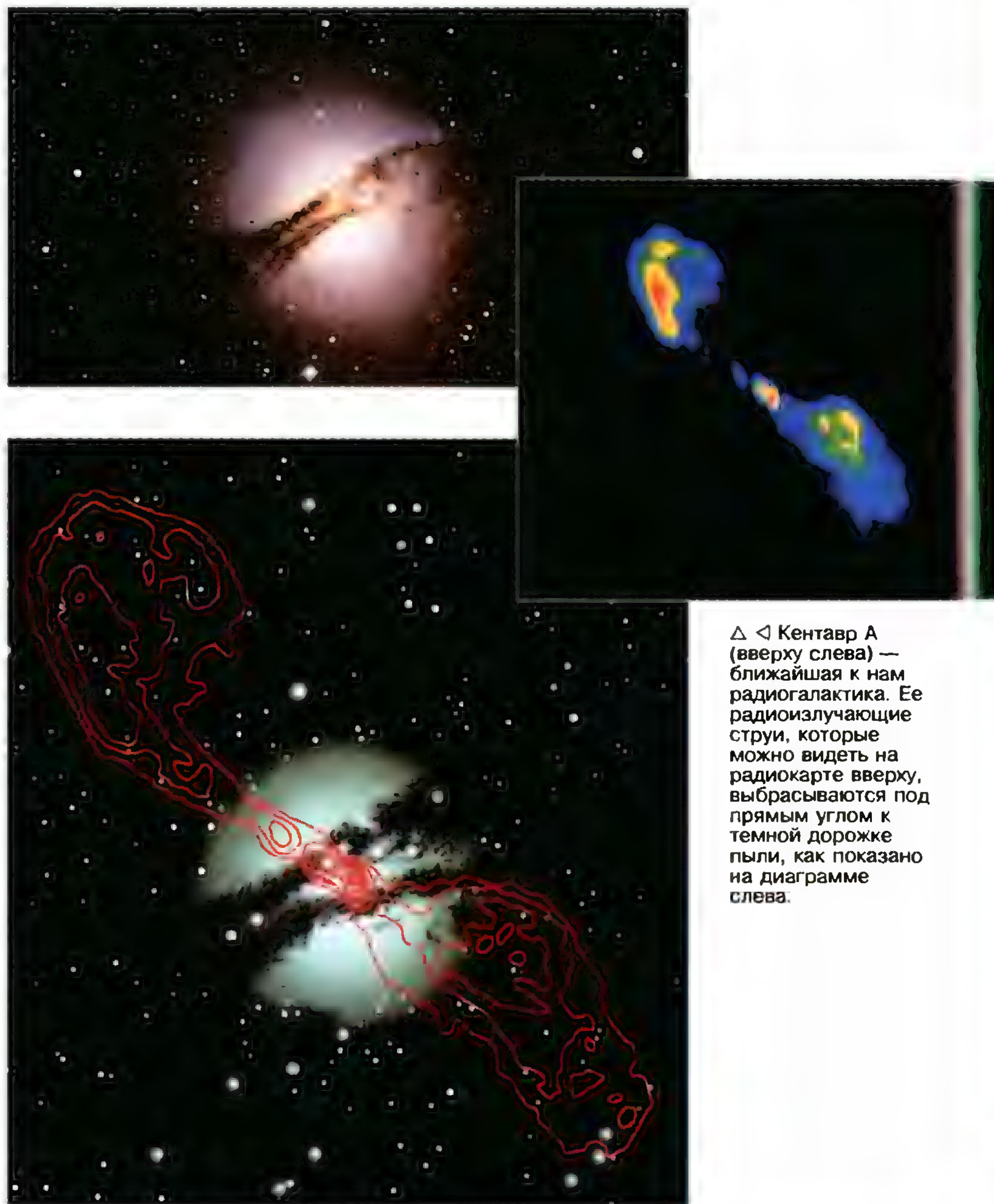
В южном полушарии можно наблюдать активную галактику, расстояние до которой — 10 миллионов световых лет. Это Кентавр А, эллиптическая галактика, пересеченная полосой пыли. По обе стороны видимой галактики расположены два облака радиоизлучения. Струи, излучающие радиоволны и рентгеновские лучи, черпают энергию в активном ядре.

Сейфертовские галактики

Почти все активные галактики являются эллиптическими или неправильными. Однако существуют и спиральные активные галактики; в центрах некоторых из них, расположенных относительно близко к нам, имеются маленькие яркие пятнышки. Это так называемые сейфертовские галактики, их сейчас известно около 600. Это спиральные галактики с яркими активными ядрами. В их центральных областях находятся обширные облака горячего газа. Газ разогревается энергией, исходящей из ядра.

Горячее скопление галактик

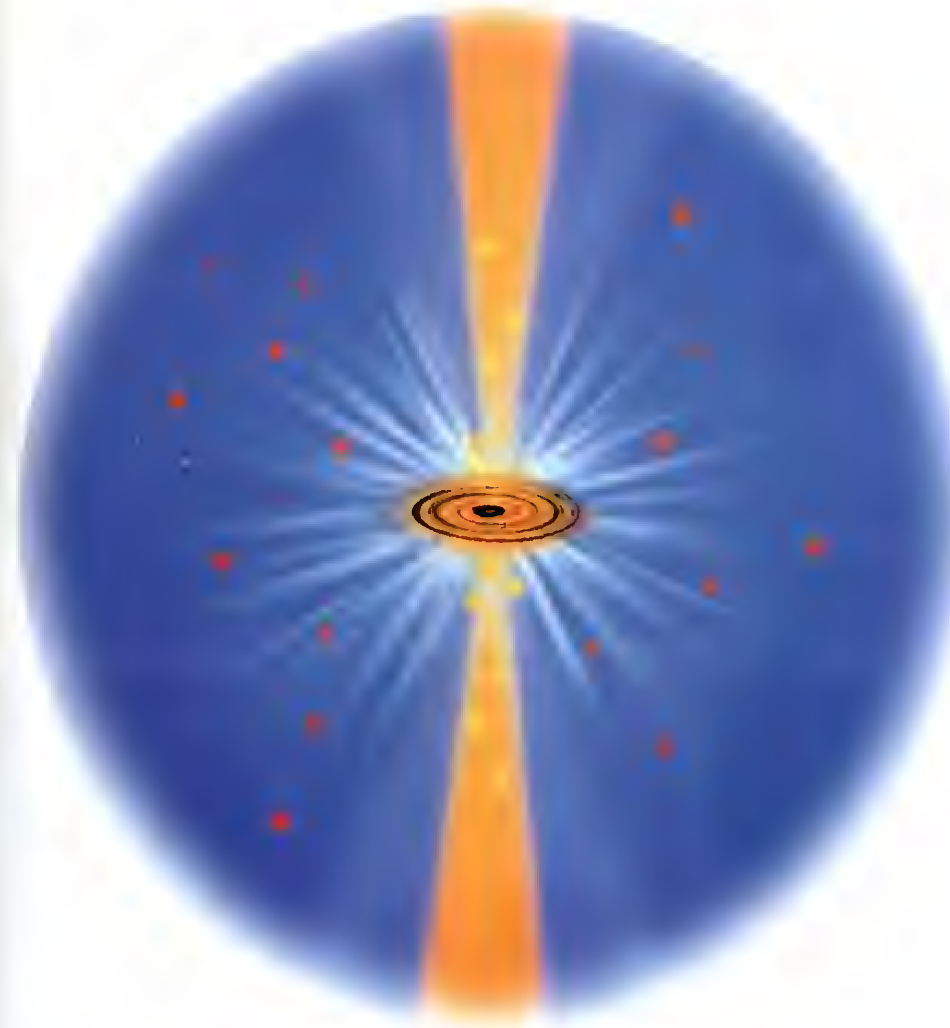
Одна из самых знаменитых активных галактик — NGC 1275, расположенная в сердцевине скопления галактик в созвездии Персея, примерно в 180 миллионах световых лет от нас. Это скопление галактик простирается на 25 000 световых лет; входящие в него галактики вереницей растянулись по космосу подобно ожерелью из бисера. Радиоисточник внутри NGC 1275 в 1000 раз превышает по мощности Млечный Путь. Зарево рентгеновских лучей пронизывает все скопление. Это рентгеновское излучение возникает от раскаленного газа, температура которого достигает миллионов градусов. Плотные языки горячего газа устремляются к центральной галактике скопления.



△ ◁ Кентавр А (вверху слева) — ближайшая к нам радиогалактика. Ее радиоизлучающие струи, которые можно видеть на радиокарте вверху, выбрасываются под прямым углом к темной дорожке пыли, как показано на диаграмме слева.

△ ▷ Сейфертовская галактика NGC 1275 (слева) — мощный источник радиоволн и рентгеновского излучения. Вещество вырывается оттуда со скоростью более 1600 км/с. Эта галактика входит в состав галактического скопления созвездия Персей (справа) и известна также под именем Персей А.





△ Квазары погружены в галактики. Однако почти во всех случаях квазар сияет столь ярко, что затмевает гораздо более слабый свет породившей его галактики. Поэтому на фотографиях можно увидеть лишь светлую точку от активного ядра. Внутри квазара находится исключительно мощный источник энергии, почти наверняка это черная дыра. Она окружена диском из вещества диаметром в несколько световых лет. Вблизи диска быстро несутся облака газа, а еще дальше, на расстоянии около 100 световых лет, более тонкие и более холодные облака, где квазар сливается со своей галактикой.

НАИМЕНОВАНИЕ ГАЛАКТИК

Многие из наиболее ярких нормальных галактик имеют собственные имена, например галактика Андромеды или Магеллановы облака. Названия активных галактик больше напоминают кодовые номера. Так получилось потому, что их впервые обнаруживали при обзорах неба и публиковали в списках новых объектов.

Свыше 200 лет назад Шарль Мессье составил список объектов, которые при наблюдении в телескоп могли бы быть спутаны с кометами. Объект под номером 87 из этого списка, ныне известный как M87, представляет собой мощную активную галактику в центре галактического скопления Девы. Мартин Райл, радиоастроном из Кембриджа, в 1959 г. составил список 471 радиоисточника. Это была третья перепись радиоисточников, сделанная в Кембриджском университете, и вошедшие туда объекты известны под номерами серии 3С. Лебедь А — это 3С 405. В современных астрономических списках числится такое огромное количество объектов, что астрономы прибегают к нумерации, привязанной к положению объекта на небе, и это действительно очень напоминает шифрованные секретные коды! Например, один из наиболее удаленных объектов во Вселенной обозначается как 10214+4724.

Квазары

Сейфертовские галактики относительно недалеки от нас, а большинство радиогалактик находится на средних расстояниях. Гораздо дальше в космосе встречаются квазары — наиболее мощные источники энергии. Открытие квазаров потребовало тщательных, почти детективных исследований.

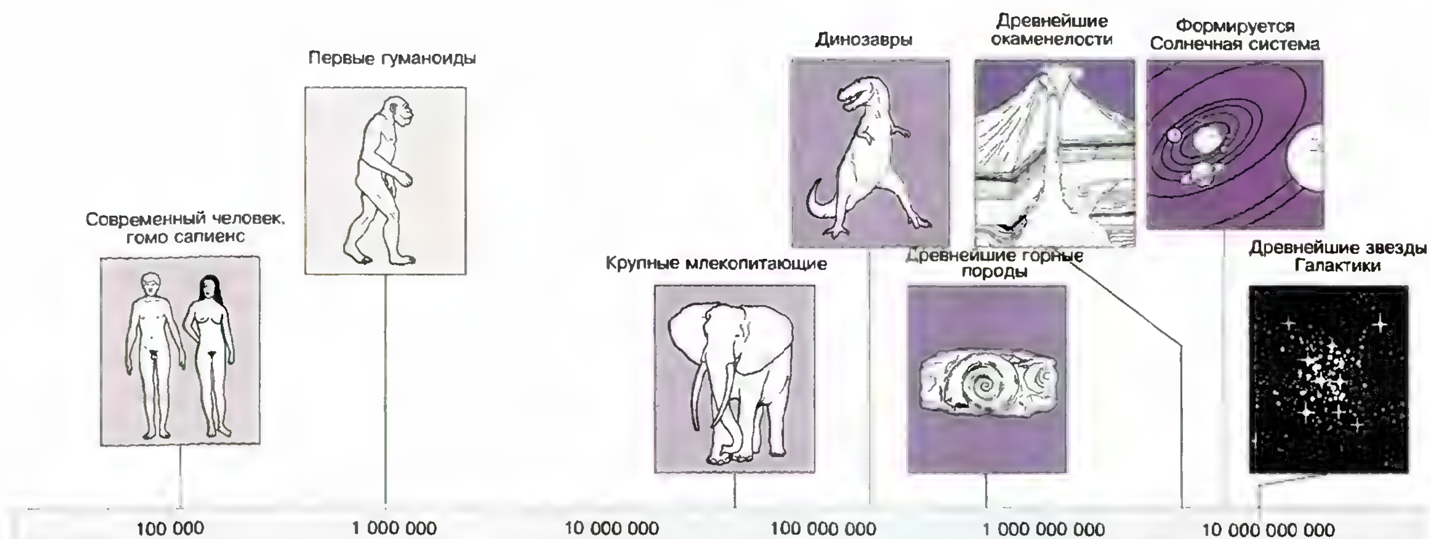
Начало этой истории относится к 1960 г. Радиоастрономы совершенствовали свои методы точного определения местонахождения радиоисточников. Радиоисточник 3С48 как будто совпадал с одной звездой, не похожей ни на какие другие: в ее спектре присутствовали яркие линии, которые не удавалось соотнести ни с одним из известных атомов. Затем, в 1962 г., еще одна таинственная звезда, по-видимому, совпала с другим радиоисточником, 3С 273.

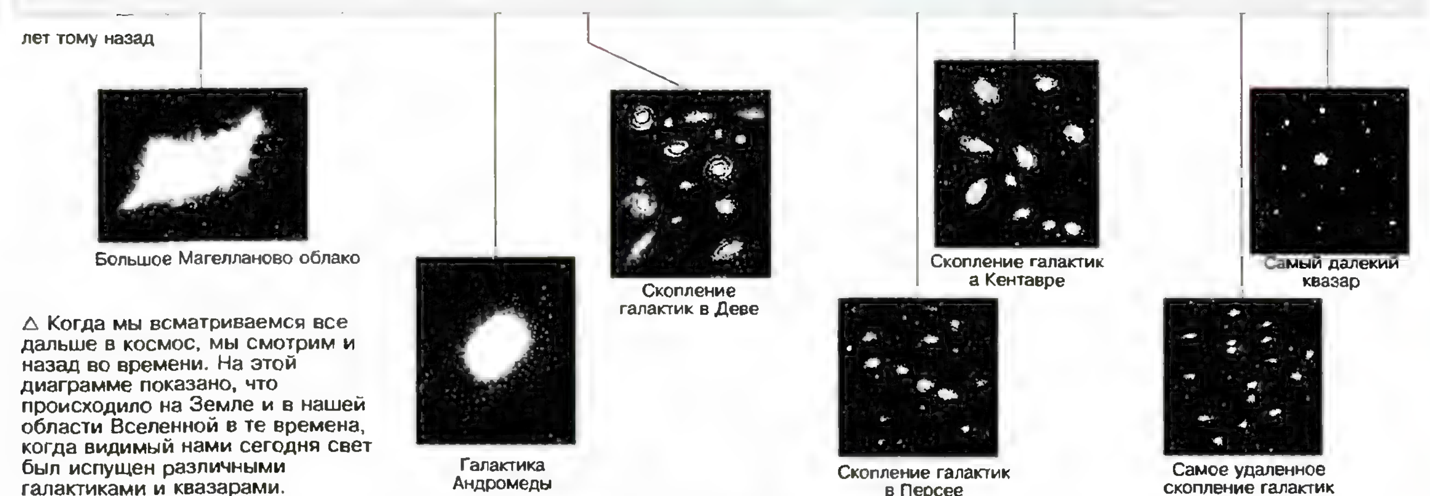
Годом позже Маартен Шмидт из обсерватории Маунт Паломар в Калифорнии (США) доказал, что если этому звездоподобному объекту приписать красное смещение 16%, то его спектр совпадает со спектром газообразного водорода. Такое красное смещение велико даже для большинства галактик. Объект 3С 273 оказался не экзотической звездой из Млечного Пути, а чем-то совсем иным, мчащимся от нас со скоростью в 16% скорости света. Оказалось, что и другие звездоподобные радиоисточники, такие, как 3С 48, имеют большие красные смещения. Вот эти-то компактные объекты с большим красным смещением, которые на фотографиях напоминают звезды, и есть квазары.

Слово «квазар» было придумано как сокращение от «квази-звездный радиоисточник». «Квази-звездный» означает «похожий на звезду, но не звезда». Сейчас астрономы считают, что квазары — это самая яркая из разновидностей активных галактических ядер. Обнаружены уже тысячи квазаров.

Хотя первые из них были найдены радиоастрономами, только одна десятая часть из известных ныне квазаров излучает радиоволны. На фотографиях они выглядят как звезды (это значит, что они малы по сравнению с галактиками), но все они имеют большое красное смещение. Наибольшее красное смещение почти достигает 5. В этом случае длина волны света, посылаемого квазаром, растягивается примерно в 6 раз. Это искажение гораздо сильнее, чем для большинства галактик, хотя с помощью самых больших телескопов к настоящему времени обнаружено несколько исключительно слабых галактик с большим красным смещением.

Свет от далеких квазаров доходит до нас за миллиарды лет, поэтому квазары рассказывают нам об условиях, существовавших во Вселенной очень давно.





△ Когда мы всматриваемся все дальше в космос, мы смотрим и назад во времени. На этой диаграмме показано, что происходило на Земле и в нашей области Вселенной в те времена, когда видимый нами сегодня свет был испущен различными галактиками и квазарами.

Где расположены квазары?

Большинство квазаров обладает очень большими красными смещениями. Эдвин Хаббл показал, как по красному смещению галактики определять расстояние до нее. Можем ли мы применить тот же метод к квазарам? Другими словами, говорит ли красное смещение квазара о его удаленности от нас? По мнению многих астрономов, это так: они считают, что квазары следуют закону Хаббла.

Большие красные смещения квазаров означают, что они находятся от нас очень далеко, на расстояниях в миллиарды световых лет. Квазары важны для астрономии по двум причинам. Во-первых, чтобы увидеть их в наши телескопы с такого огромного расстояния, они должны выделять невероятно много энергии. Во-вторых, поскольку их свет доходит до нас за миллиарды лет, квазары могут рассказать нам об условиях, существовавших во Вселенной очень давно. Астрономы хотят выяснить, что заставляет квазары так ярко светиться, а при наблюдении наиболее далеких квазаров можно увидеть, что собой представляла Вселенная задолго до рождения Солнца.

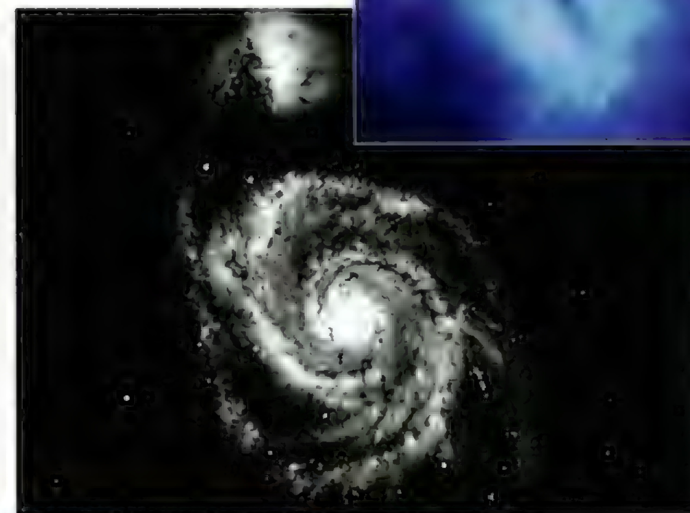
Наблюдение активных центров

Активные галактики и квазары производят гораздо больше энергии, чем нормальные галактики — именно поэтому мы и можем видеть их на таких огромных расстояниях. В обычных галактиках почти весь свет испускают нормальные звезды. В высокоэнергетических галактиках общее количество испускаемой энергии намного превышает продукцию звезд. Очень подробные карты, составленные радиоастрономами, показывают, что подавляющая часть избыточной энергии исходит из центральных областей галактик.

С помощью расположенного в США гигантского радиотелескопа — так называемого радиоинтерферометра со сверхдлинной базой (РИСБ) — астрономам удалось разглядеть центры мощных галактик. Этот телескоп состоит из десяти антенн чашеобразной формы, распределенных по всему континенту и по западной части Тихого океана до Гавайев. Имея базу длиной в 8000 км, он может проникнуть в области размером всего в несколько световых дней. Космический телескоп «Хаббл» может наблюдать огромные диски горячего газа, вращающиеся вокруг ядер некоторых активных галактик. Используя возможности этих современных телескопов, можно получить некоторое представление о том, как производится энергия в центрах активных галактик.

Черные дыры в галактиках

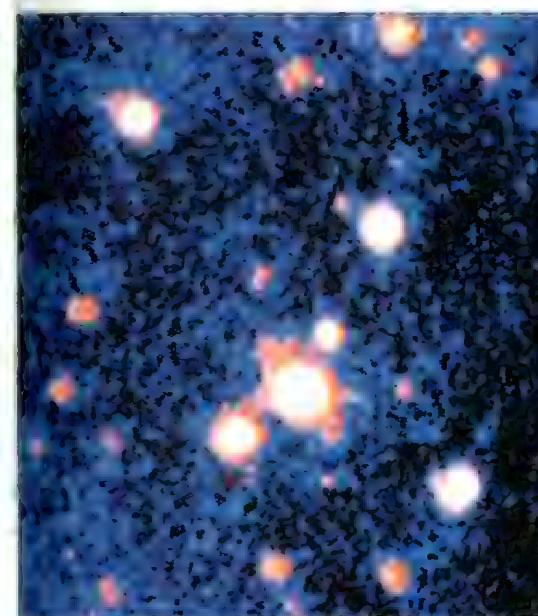
Сейчас многие уверены в том, что ядра энергетически активных галактик служат прибежищем гигантских черных дыр. Вероятно, их массы заключены в пределах от нескольких тысяч до нескольких миллиардов масс Солнца. Космический телескоп «Хаббл» зарегистрировал водовороты вещества, вращающиеся вокруг черных дыр. Если черная дыра однажды образовалась, она все время увеличивается за счет втягивания вещества из окружающих областей. Это еще более усиливает ее гравитационное притяжение, увеличивая ее способность всасывать все больше вещества. В гигантских галактиках типа M87 центральная черная дыра может пожирать за день массу, эквивалентную нескольким звездам.





◁ △ Космический телескоп «Хаббл» получил это изображение крупным планом (сверху) ядра спиральной галактики M51 (слева). Темный крест образован поглощающей пылью. Самая темная полоса является, по-видимому, кольцом пыли поперечником в 100 световых лет, окружающим черную дыру.

△ При падении вещества в черную дыру выделяется огромное количество энергии. Черная дыра направляет эту энергию в виде струи, вылетающей вдоль оси вращения.



◁ Квазар 3C 275.1 — самый яркий объект вблизи центра этого рисунка. Ядро квазара окружено вращающимся эллиптическим облаком газа. Объект 3C 275.1 удален от нас на 7 млрд световых лет. Свет, который приходит от него сегодня, был испущен за 2 млрд лет до формирования Солнечной системы.



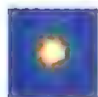
◁ Одна из чашеобразных антенн радиоинтерферометра со сверхдлинной базой; она расположена в Пай-Тауне (Техас, США).

С помощью РИСБ можно более детально изучить анатомию этих гигантских машин в активных галактиках. Надо понять, являются ли в действительности черные дыры источником потоков энергии, исходящих из центра. Когда вещество падает по направлению к черной дыре, оно сначала захватывается на орбиту вокруг нее. Так получается из-за того, что подошедшее вещество должно сначала потерять часть энергии своего движения. В результате черная дыра оказывается окутанной вращающимся диском приблизившегося к ней вещества. На внутреннем крае диска вещество срывается и падает в пасть черной дыры. Совсем близко от дыры, но еще вне ее, происходит излучение колоссального количества энергии в виде струи, направленной вдоль оси вращения черной дыры. Подобные струи как раз и наблюдаются оптическими и радиотелескопами в объектах, подобных M87.

Черная дыра и окружающий ее диск постоянно заправляются все новыми порциями материи. Центральные области галактик густо заполнены звездами. Очень плотные звездные скопления могут пополнять запасы горючего. Это может быть газ, сорвавшийся с поверхности нормальных звезд в ходе их эволюции, либо это могут быть обломки от очень большого числа взрывов сверхновых. По мере того как черная дыра становится все более массивной, нарастающая сила ее гравитационного поля позволяет ей все легче захватывать звезды и разрывать их в клочья.

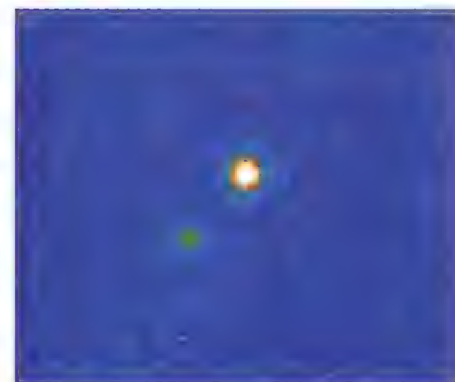
В нормальных звездах энергия высвобождается при превращении водорода в гелий в ходе ядерного синтеза. Этот процесс превращает в энергию менее 1 процента массы. Вращающаяся черная дыра гораздо более эффективна. Теоретически в энергию может превратиться почти половина падающей материи. Масса переходит в энергию в значительно большей пропорции. Для большинства высокоэнергетических галактик во Вселенной главным источником энергии является, по-видимому, не ядерное горение внутри нормальных звезд, а действие вращающейся черной дыры.

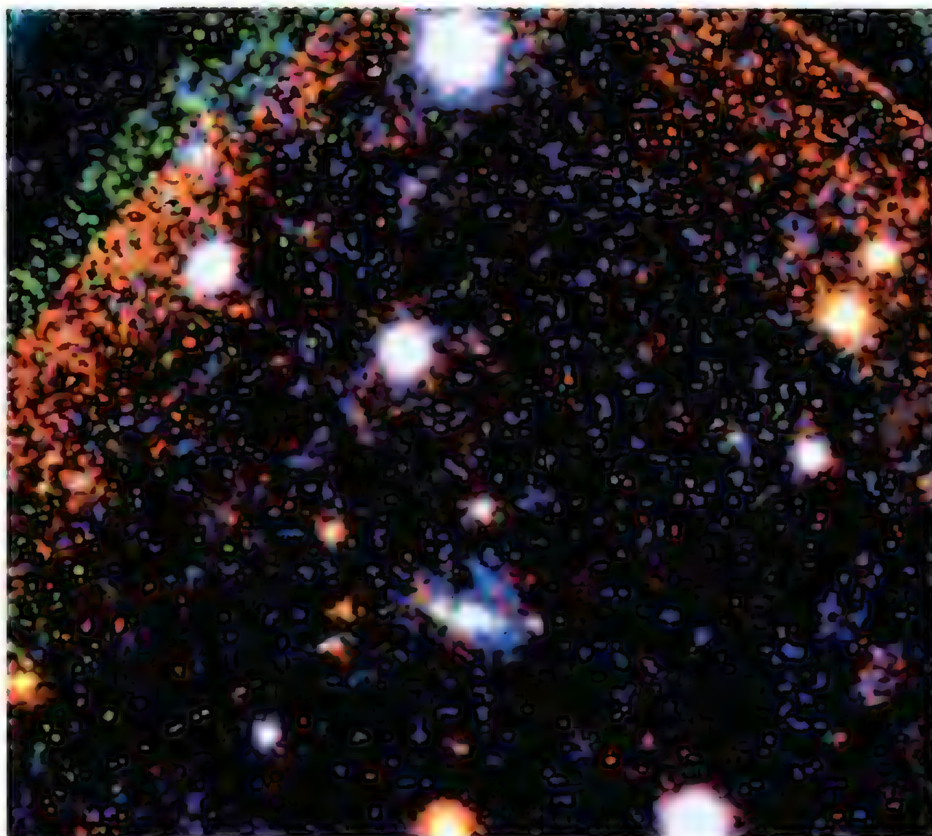
Квазары



Квазары — наиболее далекие из объектов, которые можно увидеть в телескоп. Некоторые квазары удалены от нас на 15 миллиардов световых лет. Когда свет от очень далекого квазара проходит сквозь скопление галактик, траектория светового луча изгибается.







△ ◁ Некоторые из наиболее удаленных объектов во Вселенной. В самом верху: скопление галактик, находящееся от нас на расстоянии не менее 7 млрд световых лет; оно обнаружено с помощью космического телескопа «Хаббл». Под ним: самый далекий из известных квазаров, PC1247+34. Его красное смещение равно 4,9. Слева: 4C 41.17, самая далекая из известных нам галактик во Вселенной. Ее красное смещение 3,8; по оценкам, она удалена на 12 млрд световых лет.

Сейчас известны тысячи и тысячи квазаров, и почти все они отстоят от нашей Галактики на несколько миллиардов световых лет. Самые далекие квазары улетают от нас со скоростями, достигающими девяти десятых скорости света. Чтобы обнаружить очень далекие объекты, астрономы обследуют очень много слабых объектов. С помощью больших оптических телескопов удается получить спектры сотен таких объектов за ночь, что ускоряет поиски квазаров с большими красными смещениями.

Очень далекие объекты дают астрономам возможность путешествовать во времени. Когда мы видим звезду или галактику, отстоящую от нас на 10 млрд световых лет, мы наблюдаем нечто, что на 10 млрд лет моложе, чем наша Галактика сейчас, в момент наблюдения. Так получается потому, что путешествие к нам занимает у света 10 млрд лет. Несомненно, за миллиарды лет далекие галактики очень изменились.

Наблюдая далекие галактики, астрономы делают то, что недоступно историкам: астрономы действительно могут посмотреть назад, в прошлое Вселенной, и непосредственно увидеть, какие условия существовали раньше, тогда как историки пользуются далеко не полными свидетельствами, сохранившимися с прошедших времен.

Одна из причин, по которой требуются все более крупные и эффективные телескопы, состоит в том, что при наблюдении наиболее далеких частей Вселенной мы можем узнать о том, какова она была в прошлом. Мы видим эти объекты в то время, когда галактики лишь начали формироваться.

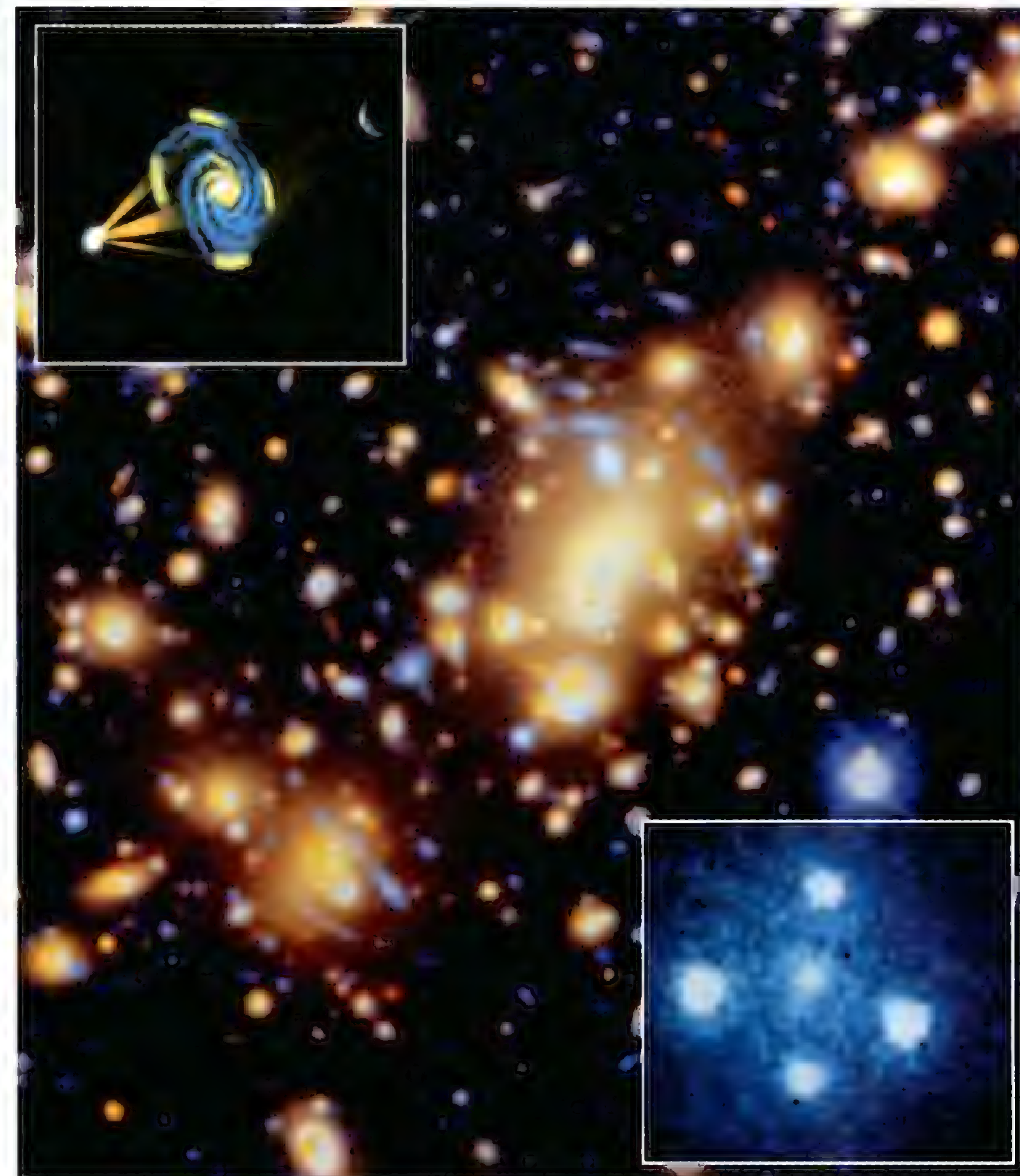
Тяготение создает линзы

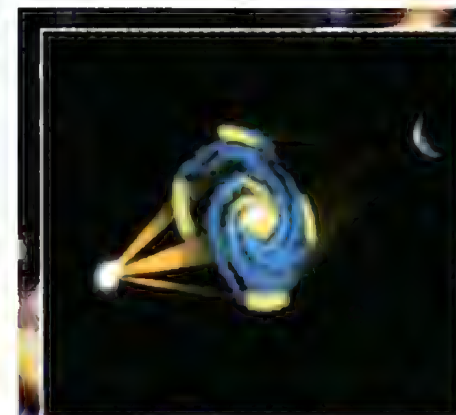
Теория тяготения Эйнштейна утверждает, что свет, проходя через сильное гравитационное поле, искривляет свою траекторию. Знаменитая проверка этой теории была осуществлена во время солнечного затмения в 1919 г. Положения звезд, наблюдаемых вблизи солнечного диска, немного изменились из-за того, что лучи света, проходя очень близко от Солнца, несколько отклонились от прямой линии.

Квазары тоже демонстрируют этот эффект, но гораздо драматичнее. Квазары редко оказываются на небе по соседству друг с другом. Но в 1979 г. астрономы обнаружили пару идентичных квазаров, расположенных очень близко друг к другу. На самом деле это оказались два изображения одного и того же объекта, свет от которого был искажен гравитационной линзой. Где-то на пути луча света, идущего от этого квазара, находится нечто очень плотное и массивное. Тяготение этого объекта и расщепляет свет в двойное изображение.

Сейчас известно много гравитационных линз. Некоторые из них создают многократные изображения далеких квазаров. В других случаях далекий квазар расплывается в красивую светящуюся дугу. Зрительный обман возникает из-за того, что свет от далеких квазаров на своем пути к Земле проходит сквозь скопление галактик. Если в таком скоплении есть плотно сконцентрированная масса — например гигантская черная дыра или огромная эллиптическая галактика, — то возникает искаженное изображение.

В одном случае квазар оказался настолько точно на одной линии с неким массивным объектом, что радиоизображение квазара имеет вид почти идеального круга.



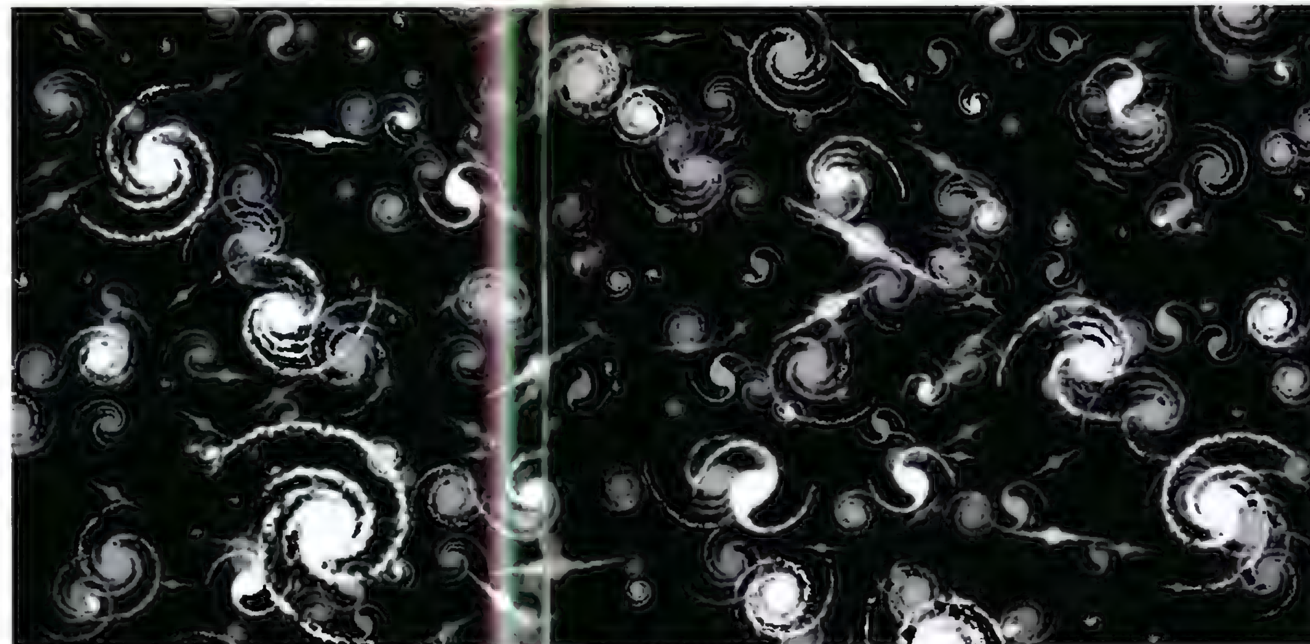


◁ На основной фотографии показаны гигантское скопление галактик (окрашено желтым), находящееся на расстоянии 2 млрд световых лет, а также свыше 30 еще более далеких галактик (синеватые), изображения которых дугообразно искажены сильным тяготением гигантского галактического скопления. Диаграмма (вверху слева) объясняет, каким образом галактика, действующая как гравитационная линза, искажает изображение более удаленного объекта. Внизу справа показано многократное изображение квазара, известное как Крест Эйнштейна.

Вселенная от начала до конца



Наша Вселенная невообразимо велика, и самые далекие из видимых галактик находятся за 15 миллиардов световых лет от нас. Удаленные объекты помогают нам вскрыть историю Вселенной, которая началась с грандиозного взрыва. Будущее Вселенной точно не известно: она может безгранично расширяться, а может в конце концов схлопнуться под действием собственного тяготения.



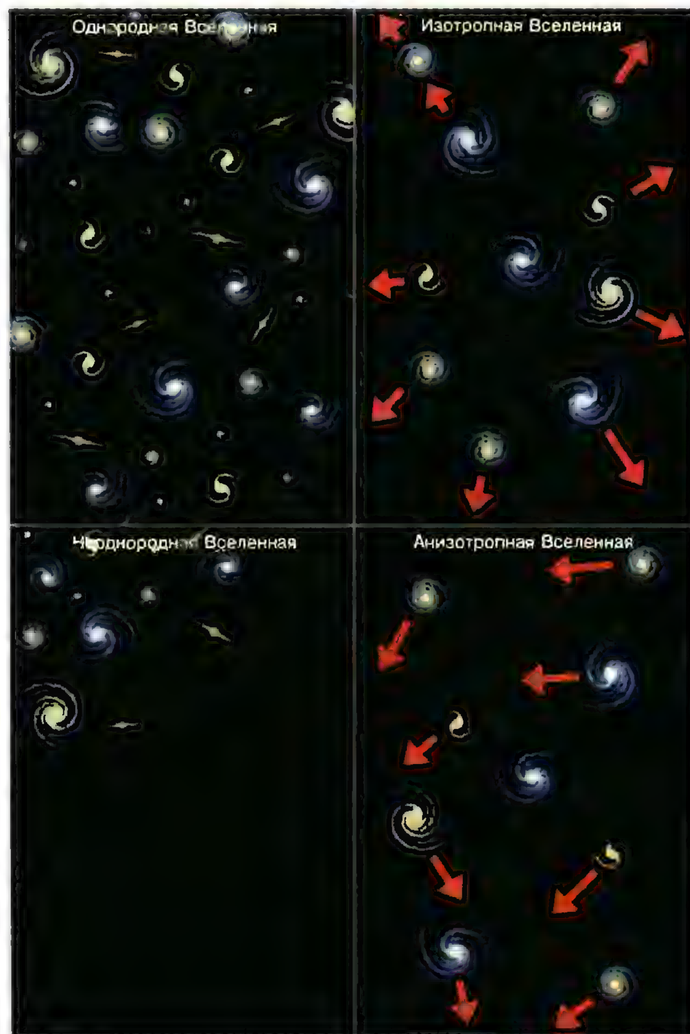
◁ Из-за того что все галактики разбегаются, их свет, достигая нас, ослабевает. Самые удаленные из них (те, которые выглядят самыми слабыми) улетают быстрее всех и поэтому они самые тусклые. Именно поэтому ночное небо не светится, как днем.

Чтобы понять Вселенную в целом, астрономы делают определенные предположения. Мы не можем экспериментировать со Вселенной как таковой. Все, что мы можем — это наблюдать ее содержимое, а затем средствами науки пытаться делать заключения о происхождении и будущем Вселенной. Используя аппарат науки для исследования Вселенной как целого, мы считаем безусловно выполненными три условия.

Во-первых, мы предполагаем, что законы природы во всей Вселенной одинаковы. Это означает, что закон тяготения, проверенный нами здесь, на Земле, применим ко всей Вселенной. Это значит, что атомы и молекулы всюду, где бы мы их ни встретили, обладают одними и теми же свойствами. Без предположения о том, что физика, химия и математика во всем космическом пространстве «работают» совершенно одинаково, мы не смогли бы понять о Вселенной ровно ничего.

Во-вторых, мы предполагаем, что Вселенная распределена в пространстве более или менее однородно. Конечно, в ней есть сгущения, разрежения, пустоты — все это мы видим, наблюдая скопления галактик. Но в самом крупном масштабе мы полагаем, что вещество и излучение распределены равномерно.

Наконец, мы делаем некое предположение о геометрии самого пространства. Мы считаем, что свойства пространства одинаковы по всем направлениям. В космосе нет выделенного направления, а Вселенная не имеет центра и краев.



◁ Пытаясь разобраться во Вселенной, астрономы предполагают, что она однородна — это значит, что вещество и излучение распределены в ней более или менее равномерно, — и изотропна, что означает, что пространство одинаково, в каком направлении ни посмотреть. В неоднородной Вселенной вещество и излучение были бы распределены неравномерно. В неизотропной (как принято говорить, анизотропной) Вселенной расширение было бы в разных направлениях неодинаковым.

Космология

Существует много теорий относительно природы Вселенной. Древние египтяне, греки и римляне верили, что миром управляют различные боги. Средневековые ученые полагали, что Вселенная совсем невелика, а Земля находится в ее центре. Все окружающее было небесами, обителью Бога и ангелов.

Однако со времен Ньютона ученые стали пытаться построить такие модели Вселенной, где ее свойства объяснялись бы математическими и физическими законами, а не религиозными верованиями, мифами и традициями.

Область науки, изучающая и моделирующая Вселенную как целое, называется космологией.

Космологи хотят понять, что представляет собой Вселенная в самом крупном масштабе, каковы были ее свойства в прошлом и как Вселенная меняется во времени.

Искривленная Вселенная

Если бы тебе удалось направить свет электрического фонарика в глубину Вселенной, луч света изогнулся бы. Причина этого в том, что вещество во Вселенной искривляет само пространство. Здесь можно провести аналогию с поверхностью Земли.

На небольших участках ее можно считать плоской, но в больших масштабах земная поверхность искривлена.

Ты можешь сколько угодно путешествовать по всей Земле, пересекать ее во всех направлениях, но никогда не найдешь края земной поверхности. Так и во Вселенной: теоретически ты мог бы, двигаясь все вперед и вперед, совершить «кругосветное путешествие» и вернуться на то же место благодаря кривизне пространства.

Ученые пока не знают наверняка, какова в действительности кривизна пространства. Если она такого рода, как кривизна земной поверхности, то Вселенная является «замкнутой». Это означает, что ее размер ограничен, хотя у нее и нет границ.

С другой стороны, бывают поверхности, выгнутые наружу, например, в форме седла. Это довольно трудно вообразить, но Вселенная такого рода будет «открытой», потому что искривленные поверхности, увеличиваясь в размерах, не заворачиваются обратно и не замыкаются на себя.

Вселенная с кривизной такого типа бесконечна в своей протяженности и будет существовать вечно.

В решении вопроса о характере кривизны нашего пространства большую пользу могут принести наблюдения очень далеких галактик и квазаров. Это одна из причин того, что астрономы стремятся строить большие телескопы, способные дать ответ на этот важнейший вопрос.

Темное ночное небо

Одно чрезвычайно простое наблюдение дает нам ключ к пониманию природы Вселенной. Ночью небо темное!

После захода Солнца звезды дают лишь ничтожный свет, неспособный даже создать тень. Конечно, звезды далеки от нас, поэтому каждая отдельная звезда светит слабо.

В XVIII в. некоторые астрономы осознали, что темнота ночного неба — важный факт, требующий объяснения.

В 1823 г. Герман Генрих Ольберс (1758–1840) написал научный доклад по этой проблеме.

Ольберс и некоторые другие ученые размышляли о том, каким должно быть ночное небо в том случае, если Вселенная существовала всегда, бесконечно простирается по всем направлениям и не меняется во времени.

В таком случае, в какую точку неба ни посмотреть, обязательно увидишь звезду, хотя бы и очень удаленную.

Хотя многие звезды будут очень далекими, это не может изменить того факта, что линия взгляда, куда его ни направишь, обязательно упрется в поверхность одной из звезд. Мы не можем разглядеть удаленные звезды по отдельности.

Однако мы видим Млечный Путь, хотя в своем большинстве его звезды слишком слабы, чтобы можно было разглядеть каждую из них. Таким образом, если бы направление нашего взгляда всегда заканчивалось на какой-нибудь звезде, небо всегда сияло бы сплошным заревом.

Объяснение этой загадки в том, что предположения, сделанные относительно Вселенной, были ошибочными.

Вселенная и все, что в ней находится, изменяется и развивается во времени, а Вселенная как целое расширяется. Это означает, что большая часть воображаемых линий, вдоль которых направлен наш взгляд, никогда не достигнет звезд.

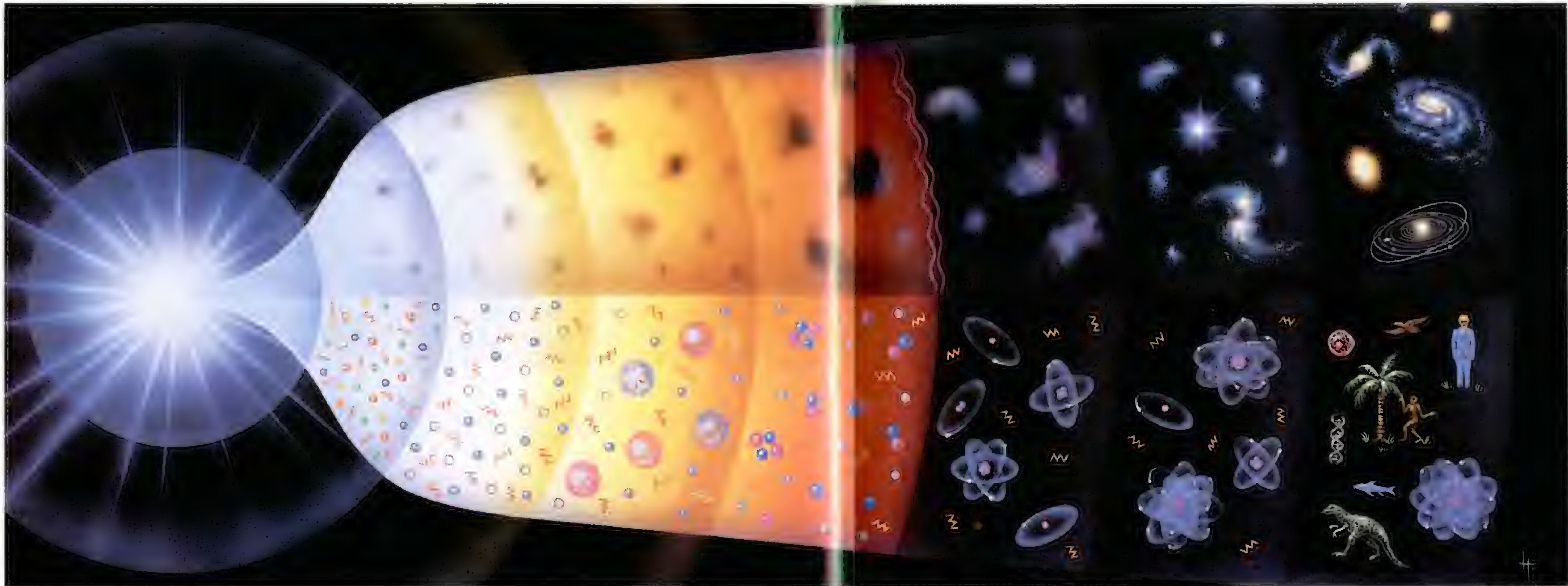
Темнота ночного неба может сказать нам нечто очень важное об истории Вселенной.

Расширение Вселенной

Одно из важнейших наблюдений космологии состоит в том, что скопления галактик во Вселенной непрерывно удаляются от нас и друг от друга. Расстояния между крупными скоплениями галактик с течением времени постоянно возрастают, и Вселенная все время увеличивается.

Это открытие, сделанное Хабблом около 70 лет назад, является одним из великих достижений современной астрономии.

Сегодня мы видим, что скопления галактик со временем отдаляются друг от друга на все большие и большие расстояния. Это и есть расширение Вселенной. С течением времени Вселенная непрерывно возрастает в размерах. Следовательно, в прошлом она была более плотной, чем теперь.



◁ Большинство астрономов считает, что Вселенная началась с «события», произошедшего около 17 млрд лет назад и называемого «Большим взрывом». На этой диаграмме показано, слева направо, как менялась Вселенная со времени Большого взрыва до наших дней. В верхней части изображены горячие плотные сгустки вещества, которые в конце концов превратились в галактики. Внизу сначала показаны радиация и элементарные частицы, из которых затем составляются атомы и, наконец, растения и животные на нашей Земле.

Вообрази, что мы могли бы заснять историю Вселенной на видеофильм. В нем было бы показано, как галактики разлетаются все дальше друг от друга. Но если запустить фильм в обратную сторону, мы увидим, как галактики мчатся прямо к нам. В конце концов все они должны столкнуться вместе.

В самом начале Вселенной все вещество и все излучение были сконцентрированы в крохотной области пространства, неизмеримо меньшей, чем ядро одного атома.

Теория, согласно которой Вселенная расширилась почти что из ничего до своих нынешних невообразимых размеров, основана на предположении, что красные смещения галактик обусловлены их удалением от нас.

Большой взрыв

Вселенная расширяется, значит в прошлом она должна была быть более плотной. Насколько плотной? Одна из моделей Вселенной, теория Большого взрыва, утверждает, что когда-то все вещество и вся энергия Вселенной были заключены в ничтожной области пространства. Все это было невероятно горячим и фантастически плотным.

Вселенная, которую мы наблюдаем, возникла в результате Большого взрыва.

После того как это произошло, Вселенная постоянно расширяется и остывает.

Возраст Вселенной пока не удается вычислить точно, поскольку результат расчетов зависит от степени кривизны пространства, а ее трудно измерить. Исходя из скорости расширения, можно предположить, что Вселенной сейчас от 10 до 20 миллиардов лет. Точная цифра пока неизвестна, но наверняка Вселенная старше, чем Солнце и Земля.

Вселенная далекого прошлого, когда она только-только родилась из Большого взрыва, сильно отличалась от той Вселенной планет, звезд и галактик, которую мы видим сегодня.

Первые несколько секунд

Самая ранняя Вселенная представляла собой огненный шар излучения. Материя не была похожа на то вещество, что мы видим сегодня. Вселенная состояла из смеси экзотических частиц, которые быстро охлаждались по мере расширения крохотного мира. Когда возраст Вселенной достиг одной миллионной доли секунды, большая часть энергии превратилась в протоны (ядра атомов водорода). В следующую тысячную долю секунды сформировались электроны, которые слились с протонами, образовав нейтроны. Нейтроны могут самостоятельно существовать всего тысячу секунд, поэтому следующие несколько минут были решающими! За первую четверть часа протоны успели прореагировать с быстро распадающимися нейтронами, и появились ядра атомов гелия. В гонке на время, продолжая охлаждаться и расширяться, Вселенная смогла превратить из водорода в гелий около четвертой части своей материи. Остальной водород пошел на образование звезд.

Миллион лет спустя

В конце первого часа после начала Большого взрыва Вселенная состояла из частиц излучения — фотонов, а также из электронов, ядер водорода (протонов) и ядер гелия. Атомов еще не было, потому что при столь высокой температуре электроны не могут удерживаться на орбитах около протонов или ядер гелия. Любой электрон, попытавшийся приблизиться к высокоэнергетическому протону, тут же отбрасывался в результате столкновения с ним. Но время работало против излучения. Продолжавшееся расширение остужало Вселенную, и протоны постепенно теряли свою энергию, поскольку им приходилось заполнять все большее пространство. Спустя примерно миллион лет температура упала до 4000°C, что уже позволяло ядрам удерживать электроны на орбитах.

Именно на этой стадии развития Вселенной образовались атомы. Электронам хватило нескольких тысяч лет, чтобы устроиться на орбитах вокруг ядер водорода и гелия. Пока этого не произошло, свет не мог распространяться во Вселенной на большие расстояния. Если бы ты вдруг оказался в ранней Вселенной, ты был бы со всех сторон окружен ярко светящимся туманом, непроницаемым для взгляда даже на сантиметр. Но как только сформировались устойчивые атомы, Вселенная стала прозрачной и свет получил возможность путешествовать беспрепятственно. С помощью своих телескопов мы не можем вернуться во времени дальше этого момента, так как до него Вселенная была непрозрачной. Это точно так же, как с Солнцем: оно непрозрачно, и поэтому мы не можем проникнуть взглядом в его внутреннюю часть. Вот так и наши телескопы не позволяют заглянуть внутрь первоначального пылающего шара. Нам остается только догадываться, что там происходило, применяя к ранней Вселенной законы физики.

Фоновое излучение

Тепловое излучение от горячего Большого взрыва все еще присутствует во Вселенной. В 1964 г. двое ученых из лаборатории Белл в Нью-Джерси (США) изучали какие-то досаждавшие им источники радиоволн, создавшие помехи для связи. В своей работе они применили чувствительную антенну и с ее помощью обнаружили, что радиошум совершенно не зависит от времени суток и направления в небе. Так, совершенно случайно, Арно Пензиас и Роберт Уилсон открыли излучение, оставшееся от Большого взрыва.

В 1989 г. НАСА (американская ассоциация астронавтики) запустила спутник — исследователь космического фона, или ИКФ, специально для изучения фонового излучения. На этом спутнике имелся жидкий гелий, с помощью которого детекторы радиоволн

охлаждались примерно до той же температуры, что и у фонового излучения. Одним из замечательных успехов программы ИКФ явилось обнаружение того факта, что фоновое космическое излучение ничем не отличается от теплового излучения любого нагретого тела. Это было решающим открытием, поскольку оно доказало, что эти радиоволны представляют собой разновидность теплового излучения.

Фоновое излучение оказывается на удивление сходным во всех частях неба. Это значит, что Вселенная одинакова по всем направлениям, так что результаты ИКФ подтверждают одно из главных предположений космологии. Однородное распределение излучения свидетельствует о том, что мы имеем дело именно с тепловым наполнением Вселенной, а не с излучением большого числа удаленных объектов.

Вселенная вздувается

Различные части Вселенной очень сходны между собой — в гораздо большей степени, чем предполагали астрономы. Противоположные участки неба обладают более или менее одинаковыми свойствами. Это загадка.

Хотя мы можем видеть два объекта на противоположных участках неба, они в действительности удалены друг от друга на расстояние, которое свет не мог бы преодолеть за время, прошедшее с начала Вселенной. Объекты, которые мы можем видеть, не обязательно могли «видеть» друг друга. Как же тогда получилось, что все части Вселенной выглядят одинаково?

Ученые-космологи выдвинули теорию, которая объясняет, каким образом разные части Вселенной, которые сегодня находятся за пределами досягаемости друг для друга, могли бы когда-то быть в контакте между собой. В этой модели Вселенная на самой ранней стадии своего развития могла бы расшириться с колоссальной скоростью, намного быстрее света. Согласно этой теории, все, что составляет Вселенную в наши дни, когда-то было сконцентрировано в области пространства, меньшей одного протона. Единым махом, подобно тому как вдруг надувается воздушный шарик, Вселенная раздалась до размера в миллионы километров. Все это произошло за одну первую миллионную миллионной миллионной доли секунды (невообразимо короткое время!). Теория вздувающейся («инфляционной») Вселенной дает ответ на вопрос, почему сегодня мир так велик и так однороден: при самом своем зарождении он составлял единое целое, а потом стремительно расширился.

Если теория инфляционной Вселенной верна, то все, что мы можем наблюдать в телескопы, есть лишь малая доля космоса. Большая часть Вселенной настолько далеко от нас, что ее невозможно видеть — свет просто не успевает преодолеть это расстояние.

Мчащийся Млечный Путь

Фоновое излучение имеет небольшое красное смещение, когда его наблюдают на одном участке неба, и небольшое синее смещение — на противоположном участке. Причина этого в том, что галактика Млечный Путь и ее соседи движутся во Вселенной. Местная группа галактик имеет скорость около 550 км/с относительно далеких галактик и крупномасштабной Вселенной. Возможно, Местная группа увлекается силой тяготения со стороны пока не открытой сильно концентрированной массы. Это притяжение может происходить под действием огромного сгущения галактик, известного как Большой аттрактор.

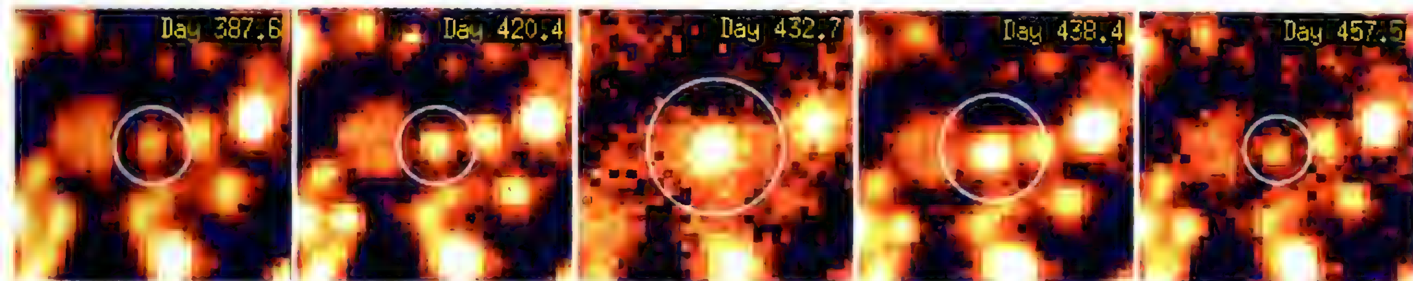
Формирование галактик

Одна из главных проблем астрономии — понять, как возникла структура Вселенной. Фоновое излучение показывает, что ранняя Вселенная была очень однородной. Как получилось, что при расширении Вселенной все ее вещество, прежде чем окончательно разлететься, сгруппировалось в галактики? Телескопы с большой базой и космический телескоп «Хаббл» впервые снабдили нас информацией о том времени, когда формировались галактики. Возраст галактик типа Млечного Пути составляет около 10—12 млрд лет. Со времени своего образования они очень изменились. Так, например, химический состав местных галактик в ходе звездной эволюции претерпел изменения. Чтобы узнать, каковы были галактики в эпоху своего формирования, надо заглянуть в дальние области Вселенной, где галактики гораздо моложе.



△ Галактики, находящиеся от нас на очень большом расстоянии, выглядят такими, какими они были очень давно, когда Вселенная была моложе. На многих фотографиях удаленных галактик видно, как они сливаются друг с другом. Возможно, при своем образовании галактики были меньше, а затем многие из них сильно увеличились благодаря захвату соседей и слиянию с ними.

▽ В поисках невидимого вещества в нашей Галактике астрономы в 1993 г. обнаружили отдаленный звездный проблеск, вспыхнувший на несколько недель именно таким образом, как было бы при фокусировке света гравитационной линзой, созданной невидимым объектом. Промежутки времени между соседними изображениями составляют, последовательно, 33 дня, 12 дней, 6 дней и 19 дней.



Спутник ИКФ обнаружил, что в эпоху, когда мир впервые стал прозрачным, его крупномасштабная структура уже существовала. Другими словами, вещество уже начало сгущаться, образуя глыбы и комья. По мере того как тяготение сжимало их все более плотно, размер этих сгущений уменьшался. Сгущения, обнаруженные с помощью ИКФ, возможно, представляют собой огромные сверхскопления галактик в стадии формирования.

Слияние галактик

Увидеть, как формируются галактики, удается с помощью космического телескопа «Хаббл», а иногда даже благодаря естественным гравитационным линзам. По-видимому, не все галактики образовались одновременно. Массивные эллиптические галактики зародились вскоре после Большого взрыва, как только Вселенная стала прозрачной. Столкновения галактик были тогда довольно частыми, так как Вселенная была не так велика и более плотно заселена. При столкновениях и слияниях галактик они увеличивались в размерах. С огромной скоростью формировались звезды, и этот фейерверк часто озарялся взрывами сверхновых. Сегодня в эллиптических галактиках вряд ли остался газ, а звезды в своем большинстве сильно постарели.

Спиральные галактики образовались, видимо, позже, чем эллиптические. Вокруг некоторых из них первоначально скапливались диски из вещества, которые впоследствии превратились в спиральные рукава.

В галактике Андромеды космический телескоп «Хаббл» различил два отдельных ядра; возможно, это говорит о том, что эта галактика образовалась от слияния двух других, поменьше. Нам известно также, что наш Млечный Путь постепенно захватывает Большое Магелланово облако. Так что вполне вероятно, что рост и развитие галактик происходит путем слияний и столкновений. В наше время такие процессы во Вселенной уже довольно редки, но, как видно по наблюдениям удаленных галактик, в более молодой части Вселенной активность весьма велика.

Будущая Вселенная

Прекратится ли когда-нибудь расширение Вселенной, или же оно будет длиться вечно? В настоящее время астрономы еще не могут с полной уверенностью ответить на этот вопрос, хотя большинство полагает, что расширение прекратится. Главная проблема состоит в том, обладает ли Вселенная достаточной гравитацией, чтобы сначала замедлить расширение, а потом, возможно, и обратить его в сжатие. Пока мы далеки от окончательного вывода, и будущее Вселенной в большой мере зависит от того, какова ее совокупная масса.

Проявления скрытого вещества

Видим ли мы в телескопы все на свете? Вероятно, нет. Вещество, в существовании которого астрономы уверены, но которое невозможно зарегистрировать, называют темным, или скрытым. Впервые астрономы предположили, что во Вселенной есть скрытая материя, 60 лет назад. В течение последующих 40 лет большинство астрономов довольствовалось тем, что просто отмечало этот любопытный факт. Но тем временем появлялись все новые свидетельства того, что наше описание Вселенной далеко не полно.

Что касается нашей Галактики, то большие скорости некоторых звезд, а также орбитальное движение Большого Магелланова облака наводят на мысль, что в космосе прячется нечто большее, чем только звезды. Гравитация действует настолько сильно, что все видимое нами вещество не может дать такого результата; скорее всего, оно составляет лишь около 10 процентов истинной массы Галактики.

Расчеты не сходятся и в других галактиках. Точно так же как орбитальный период планет зависит от массы Солнца, скорости движения звезд в галактическом диске зависят от массы, сконцентрированной в ядре. Начиная с 1974 г. астрономы находят все больше доказательств в пользу присутствия невидимой материи в спиральных галактиках.

Переходя к более крупномасштабной структуре Вселенной, мы видим скопления галактик. И здесь возникает та же проблема. Снова, сравнивая силы, действующие на галактики, мы можем узнать массу всего скопления. И эти массы опять оказываются в 10, а то и в 20 раз больше тех, которые получаются из оценки количества света, испускаемого звездами. Из этого следует, что в скоплениях галактик есть огромное количество вещества, не излучающего свет.

Масса Вселенной

Какова полная масса всей Вселенной? Без ответа на этот вопрос вряд ли есть шансы понять, что происходит со Вселенной. Именно от плотности массы во Вселенной непосредственно зависит, будет ли она бесконечно расширяться или же сожмется обратно, схлопнется. Чтобы «взвесить» Вселенную, используют скорости, или красные смещения, галактик. Поток галактик, являющийся частью всеобщего расширения, дает возможность оценить совокупную массу всей Вселенной.

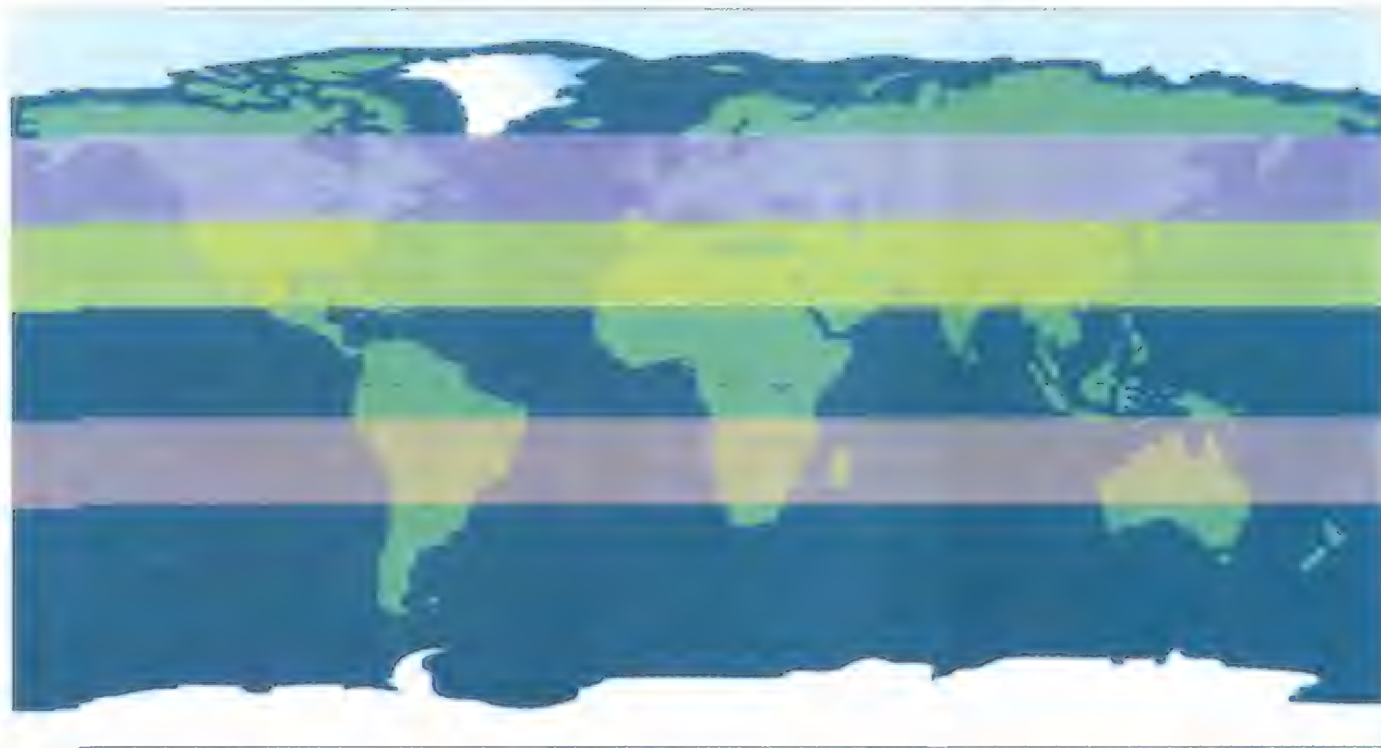
Видимые галактики почти не отягощают расширяющуюся Вселенную: они составляют всего около 5 процентов того балласта, который мог бы остановить разбегающуюся материю.

Сейчас идут интенсивные поиски, что-то вроде охоты за невидимым веществом, скрытой массой, которая отягощает Вселенную. Темное вещество может принимать разные формы. Большинство астрономов полагает, что это должны быть некие элементарные частицы, составные части атомов, и их, конечно, чрезвычайно трудно обнаружить. Все это очень далеко от нашего повседневного опыта, и многие астрономы задаются вопросом, правильна ли эта теория. В конце концов, вполне возможно, что наша Вселенная уникальна и будет расширяться вечно и бесконечно.



◁ В центральных областях этой сейфертовской галактики есть два ярких ядра. Это весьмв необычно, но такая структура могла бы образоваться при слиянии двух галактик, если их ядра сохранили бы свою самостоятельность.

Звездные карты



Три цветные полосы на этой карте — это широтные пояса, которым соответствуют три набора звездных карт на с. 151—153. Для удобства страницы помечены по краям теми же цветами.

Первый шаг в твоем путешествии по созвездиям — это научиться отличать несколько самых ярких звездных рисунков. Затем, используя их как путеводные знаки, ты перейдешь к более слабым, более трудным для наблюдения созвездиям. Если ты находишься вблизи уличных огней, или же сейчас полнолуние, ты сможешь обнаружить лишь самые яркие звезды. Проще всего начинать, когда небо чистое и темное, но самые яркие созвездия стоит попытаться найти на небе и в городе.

Звезды, которые ты можешь увидеть, меняют свое положение от часа к часу в течение ночи, а также от ночи к ночи, если наблюдать их в одно и то же время. Созвездия, доступные твоему наблюдению, зависят также от широты местности, где ты смотришь на небо (см. с. 26—29). По всем этим причинам прежде всего надо убедиться, что ты выбрал правильную звездную карту, соответствующую месту и времени наблюдения.

На следующих трех страницах ты найдешь карты, составленные для трех разных широтных поясов; они показаны на географической карте вверху. Прежде всего определи с помощью этой карты, в каком широтном поясе ты находишься, а затем найди нужную страницу со звездными картами.

Каждая пара полукругов показывает звезды, которые видны в различное время, когда ты стоишь лицом к северу или к югу. Над каждой парой карт указаны месяцы года и часы, когда созвездия выглядят именно так, как показано. Четыре пары карт соответствуют вечернему небу в каждое из четырех времен года: зимой, весной, летом и осенью.

Выбери карты, наилучшим образом подходящие к той комбинации месяца и часа, когда ты ведешь наблюдение. В случае, если в твоей местности действует так называемое летнее время, к цифрам, указанным на картах, надо прибавить один час. Если ты наблюдаешь небо ранним утром, этими картами все равно можно пользоваться. Для этого при добавлении к указанному времени каждых двух часов надо сдвигаться на один месяц назад, как показано на подписях к картам.

Чем крупнее кружок на звездной карте, тем ярче звезда. Для некоторых самых ярких звезд даны их названия. Названия созвездий указаны заглавными буквами. Черные линии должны помочь тебе найти четкие рисунки. Светлой краской обозначен Млечный Путь.

40° – 60° СЕВЕРНОЙ ШИРОТЫ

Зимнее небо

Декабрь: полночь
Январь: 10 час. вечера
Февраль: 8 час. вечера





Весеннее небо

Март: полночь
Апрель: 10 час. вечера
Май: 8 час. вечера

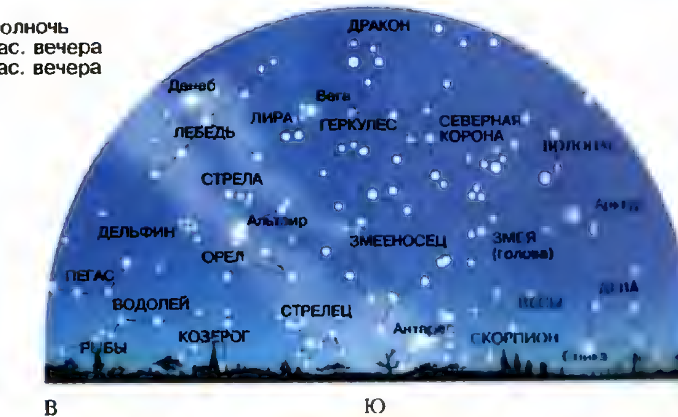




Летнее небо

Июнь: полночь
Июль: 10 час. вечера
Август: 8 час. вечера

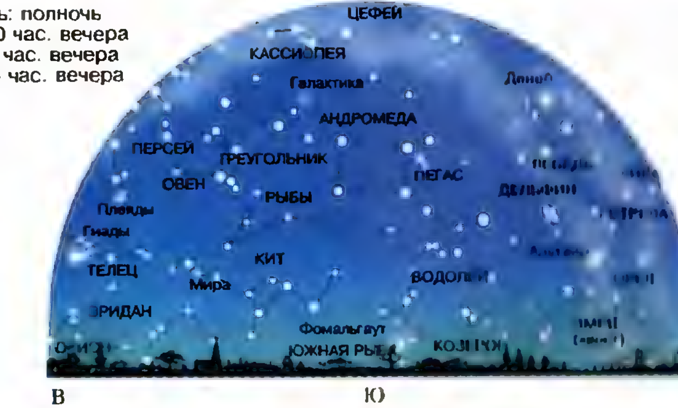




Осеннее небо

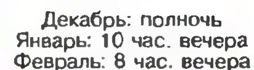
Сентябрь: полночь
Октябрь: 10 час. вечера
Ноябрь: 8 час. вечера
Декабрь: 6 час. вечера





20° — 40° СЕВЕРНОЙ ШИРОТЫ

Зимнее небо


Декабрь: полночь
Январь: 10 час. вечера
Февраль: 8 час. вечера

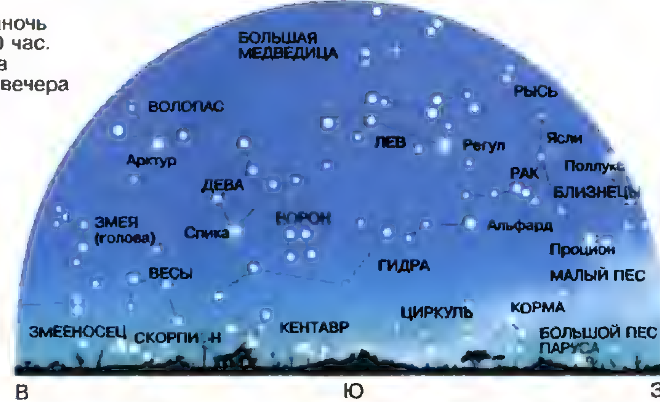
Альдебаран
ТЕЛЕЦ
Плеяды
БЛИЗНЕЦЫ
Кастор
Поллукс
Ясли
Капелла
ВОЗНИЧИЙ
Алголь
ОВЕН
ТРЕУГОЛЬНИК
ПЕРСЕЙ
РАК
РЫСЬ
РЫБЫ
КАССИОПЕЯ
Полярная
БОЛЬШАЯ МЕДВЕДИЦА
Регул
Галактика
ЛЕВ
МАЛАЯ МЕДВЕДИЦА
ЦЕФЕЙ
ГОНЧИЕ ПСЫ
ПЕГАС
ДРАКОН
Мицар
З С В



Весеннее небо

Март: полночь
Апрель: 10 час. вечера
Май: 8 час. вечера

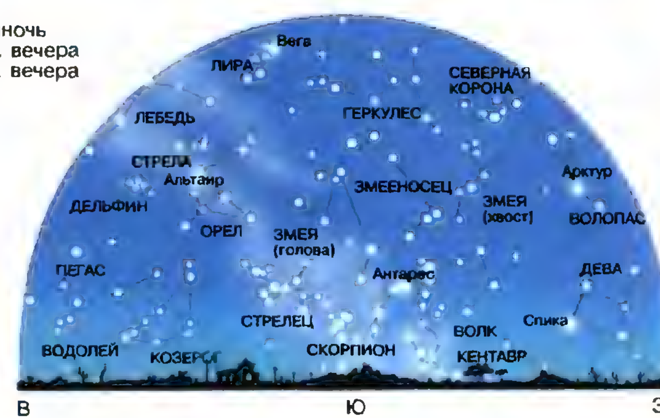
Регул
ЛЕВ
Рак
ГОНЧИЕ ПСЫ
Арктур
Ясли
РЫСЬ
БОЛЬШАЯ МЕДВЕДИЦА
Мицар
Поллукс
ВОЛОПАС
Кастор
ДРАКОН
СЕВЕРНАЯ КОРОНА
БЛИЗНЕЦЫ
МАЛАЯ МЕДВЕДИЦА
ЗМЕЯ (голова)
ГЕРКУЛЕС
Полярная
МАЛЫЙ ПЕС
ВОЗНИЧИЙ
Капелла
Вега
ЗМЕЕНОСЕЦ
Процион
ЦЕФЕЙ
ЛЕБЕДЬ
ЛИРА
З С В



Летнее небо

Июнь: полночь
Июль: 10 час. вечера
Август: 8 час. вечера

ГЕРКУЛЕС
ОРЕЛ
ЗМЕЯ (голова)
СЕВЕРНАЯ КОРОНА
Вега
ЛИРА
СТРЕЛА
Арктур
ДЕЛЬФИН
ВОЛОПАС
ДРАКОН
Денеб
ЛЕБЕДЬ
Мицар
ГОНЧИЕ ПСЫ
МАЛАЯ МЕДВЕДИЦА
ЦЕФЕЙ
ДЕВА
Полярная
БОЛЬШАЯ МЕДВЕДИЦА
КАССИОПЕЯ
ПЕГАС
РЫБЫ
З С В



Осеннее небо

Сентябрь: полночь
Октябрь: 10 час. вечера
Ноябрь: 8 час. вечера
Декабрь: 6 час. вечера

ПЕГАС
РЫБЫ
ДЕЛЬФИН
АНДРОМЕДА
Галактика
ОВЕН
ТРЕУГОЛЬНИК
СТРЕЛА
Денеб
КАССИОПЕЯ
Алголь
Плеяды
ЛЕБЕДЬ
ЦЕФЕЙ
ПЕРСЕЙ
ТЕЛЕЦ
ОРЕЛ
Полярная
Гиады
Капелла
Альдебаран
ГЕРКУЛЕС
МАЛАЯ МЕДВЕДИЦА
ВОЗНИЧИЙ
ЗМЕЕНОСЕЦ
ДРАКОН
ОРИОН
З С В



ЗВЕЗДНЫЕ КАРТЫ

10° — 30° южной широты

Летнее небо

Декабрь: полночь
Январь: 10 час. вечера
Февраль: 8 час. вечера

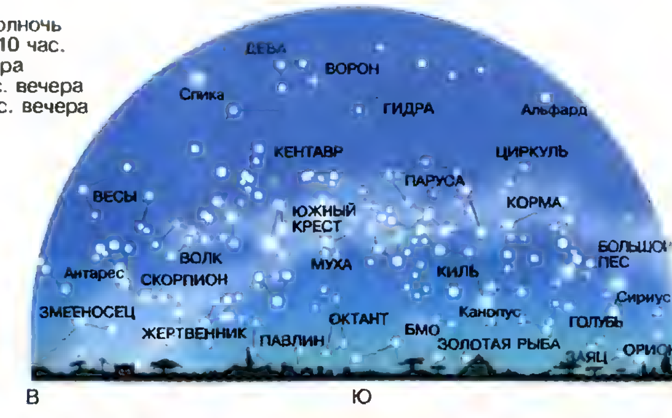




Осеннее небо

Март: полночь
Апрель: 10 час. вечера
Май: 8 час. вечера
Июнь: 6 час. вечера

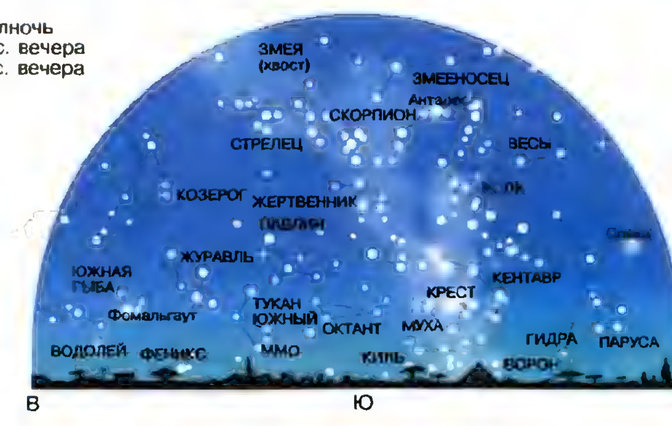




Зимнее небо

Июнь: полночь
Июль: 10 час. вечера
Август: 8 час. вечера

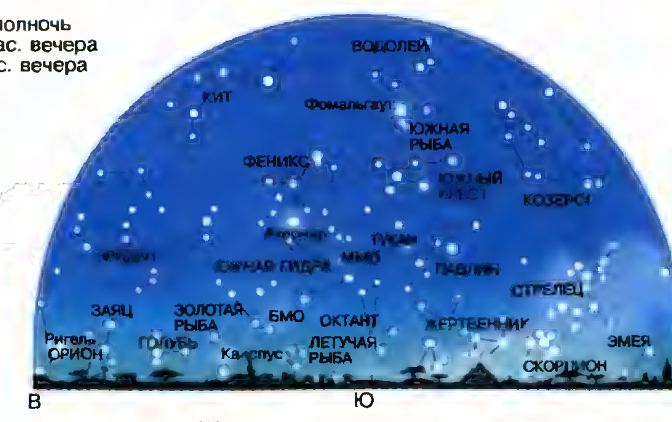




Весеннее небо

Сентябрь: полночь
Октябрь: 10 час. вечера
Ноябрь: 8 час. вечера





Словарь

Аккреционный диск — диск из вещества, скопившегося вокруг вращающейся звезды.

Активная галактика — галактика, центральная область которой излучает огромное количество энергии, образовавшейся не в звездах.

Астероид — кусок породы и (или) льда, вращающийся на орбите вокруг Солнца, как маленькая планета.

Астрология — старинная, традиционная система взглядов, согласно которой люди и события связаны с положением Солнца, Луны и планет на небе.

Астрономическая единица — среднее расстояние между Землей и Солнцем, 149 597 870 км.

Атмосфера — внешние газовые слои, окружающие планету, луну или звезду.

Атом — мельчайшая частица вещества, состоящая из ядра, окруженного облаком электронов.

Белый карлик — старая сжавшаяся звезда, израсходовавшая ядерное горючее в своей центральной области и постепенно умирающая.

Большой взрыв — согласно теории происхождения Вселенной, она образовалась в результате грандиозного взрыва чего-то невероятного маленького и горячего и с тех пор все время расширяется.

Водород — легчайший и простейший из всех химических элементов. Составляет около трех четвертей всего вещества Вселенной.

Вселенная — все, что существует.

Галактика — большая семья звезд, удерживаемая вместе силами взаимного тяготения.

Гамма-лучи — наиболее мощный вид электромагнитного излучения.

Гелий — второй по легкости химический элемент. На Земле встречается редко, но во Вселенной составляет около четвертой части всего вещества.

Год — время, за которое Земля делает полный оборот по своей орбите вокруг Солнца.

Двойная звезда — две звезды, двигающиеся по орбитам одна вокруг другой.

Долгота — угловое расстояние, измеряемое на запад или восток от линии нулевого меридиана.

Доплера эффект — изменение высоты, если речь идет о звуке, и цвета, если речь идет о свете, возникающее в случае, когда источник приближается к наблюдателю или удаляется от него.

Звезда — большой светящийся газовый шар, энергия которого вырабатывается за счет ядерных реакций в его центральной части.

Звездная величина — блеск звезды или иного астрономического объекта. Чем меньше звездная величина, тем ярче объект.

Звездное время — время, измеряемое по восходу и заходу звезд, а не Солнца. Им удобно пользоваться при астрономических наблюдениях.

Зодиак — пояс созвездий, через которые Солнце в течение года проходит по всему небу.

Инфракрасное излучение — электромагнитное излучение, которое ощущается нами, как тепло; его длины волн больше, чем у видимого красного света.

Квазар — исключительно мощно светящаяся удаленная галактика, по виду напоминающая звезду.

Кеплера законы — три правила, которым подчиняется движение планет по орбитам вокруг Солнца; открыты Иоганном Кеплером.

Комета — объект, в основном состоящий из льда и двигающийся по орбите в Солнечной системе; при приближении к Солнцу под действием света и тепла комета выделяет газ и пыль, образуя хвост.

Коперника теория — учение о том, что в центре Солнечной системы находится не Земля, а Солнце; выдвинута Николаем Коперником в 1543 г.

Коричневый карлик — шар из вещества, напоминающий небольшую тусклую звезду, но недостаточно массивный, чтобы стать настоящей звездой.

Корона — разреженные, очень горячие внешние слои Солнца, которые можно увидеть только во время полного солнечного затмения.

Космическая скорость — минимальная скорость космического аппарата, достаточная для преодоления силы гравитационного притяжения планеты.

Космическое фоновое излучение — заполняющее весь космос излучение, оставшееся от самой ранней стадии существования Вселенной.

Космология — наука, изучающая Вселенную как целое.

Красное смещение — возрастание длины волны света (или иного электромагнитного излучения); возникает, когда источник излучения удаляется от наблюдателя.

Красный гигант — старая звезда, сильно увеличившаяся в размерах и имеющая относительно холодную поверхность, излучающую красноватый свет.

Кратер — чашеобразная выемка на поверхности планеты или луны.

Кьюпера пояс — область во внешней Солнечной системе, за орбитой Нептуна, где расположено множество ледяных тел, способных стать кометами.

Лава — горячие, расплавленные горные породы, изливающиеся при вулканических извержениях и снова затвердевающие при остывании.

Луна — при написании с заглавной буквы — единственный естественный спутник Земли; со строчной буквы — естественный спутник любой другой планеты.

Магеллановы облака — две небольшие галактики, расположенные по соседству с Млечным Путем; видны в южном полушарии невооруженным глазом.

Малая планета — другое название астероида.

Межзвездная среда — газ и пыль между звездами.

Местная группа — небольшое скопление галактик, включающее более 30 членов, в том числе нашу галактику Млечный Путь.

Метеор — яркий след, оставляемый в небе небольшим космическим телом, сгорающим в земной атмосфере.

Метеорит — кусок камня и (или) металла, упавший на поверхность Земли или иной планеты из космоса.

Метеорное тело — небольшой каменный объект в космическом пространстве, который при столкновении с Землей может стать метеоритом.

Метеорный дождь — метеоры, исходящие из одной точки на небе, когда Земля проходит через облако космической пыли.

Млечный Путь — галактика, к которой принадлежит наше Солнце; в темные ночи видна как слабо светящаяся полоса, опоясывающая небо.

Молекула — мельчайшая частица химического вещества, состоящая из двух или более атомов.

Моря — большие темные области на Луне; в действительности состоят из твердых пород.

Небесная сфера — представление неба в виде проекции на гигантскую сферу, окружающую Землю, без учета истинного расстояния до звезд.

Невидимое вещество — недоступное для непосредственного наблюдения вещество во Вселенной, о существовании которого известно по его гравитационному или иному действию.

Нейтрино — элементарная частица, не имеющая электрического заряда и почти лишенная массы; движется практически со скоростью света.

Нейтрон — элементарная частица без электрического заряда, входящая в состав атомных ядер.

Нейтронная звезда — сжавшаяся звезда, в которой все атомные частицы спрессованы в плотную упаковку нейтронов.

Новая — двойная звезда, внезапно увеличившая свой блеск из-за падения материала одной из своих звезд на другую.

Объектив — основная собирающая свет линза телескопа-рефрактора.

Околополярная звезда — звезда, которая при наблюдении из определенного места всегда находится над горизонтом и, по мере вращения Земли вокруг оси, описывает окружность около одного из небесных полюсов.

Оксфордские книги для юношества. Астрономия.

Оорта облако — предполагаемое облако из объектов, которые могут стать кометами; полностью окружают Солнечную систему на расстоянии примерно в один световой год. Непосредственно не наблюдалось.

Орбита — путь в космосе, совершаемый каким-либо телом под действием тяготения другого тела.

Остатки сверхновой — газовая оболочка, сброшенная при вспышке сверхновой.

Параллакс — изменение в относительном положении объектов, находящихся на разных расстояниях от наблюдателя, когда на них смотрят из разных точек.

Парниковый эффект — нагревание поверхности и атмосферы планеты в результате захвата теплового излучения Солнца атмосферными газами.

Парсек — единица расстояния, используемая в астрономии; равна 3,2616 светового года.

Переменная звезда — звезда, блеск которой регулярно либо непредсказуемым образом меняется со временем.

ПЗС — сокращение от «прибор с зарядовой связью»; используется для электронной записи изображений.

Планета — шар из твердых пород или газа, обращающийся по орбите вокруг Солнца либо другой звезды и слишком малый по размеру, чтобы стать звездой самому.

Планетарная туманность — звезда, окруженная сброшенной с нее оболочкой светящегося газа.

Позитрон — элементарная частица, сходная с электроном, но имеющая положительный электрический заряд.

Полярное сияние — разноцветное свечение земной атмосферы, время от времени возникающее в ночном небе над полярными районами.

Протозвезда — звезда на самой ранней стадии своего образования.

Протон — элементарная частица с положительным электрическим зарядом, входящая в состав атомных ядер. Единичный протон — это ядро атома водорода.

Протуберанец — струя горячего газа, подобная языку пламени вырывающаяся над поверхностью Солнца.

Прямое восхождение — эквивалент долготы при описании положения на небе.

Пульсар — нейтронная звезда, излучающая быструю последовательность радиоимпульсов.

Равноденствия — два момента в году (около 21 марта и 23 сентября), когда на экваторе Солнце стоит в полдень прямо в зените.

Радиоастрономия — наука, занимающаяся изучением Вселенной с помощью наблюдения радиоволн, излучаемых планетами, звездами, межзвездным газом и галактиками.

Радиоволны — электромагнитное излучение в диапазоне, где оно обладает минимальной энергией и максимальной длиной волны.

Радиогалактика — галактика, излучающая значительную часть энергии в виде радиоволн.

Радиолокация — облучение объекта радиоволнами и прием отраженных от него сигналов, позволяющих определить расстояние до объекта и его форму.

Рентгеновские лучи — мощный вид электромагнитного излучения, длины волн которого лежат в диапазоне между ультрафиолетовым излучением и еще более мощными гамма-лучами.

Сверхновая — катастрофический взрыв звезды, при котором она в течение нескольких недель сияет, как целая галактика.

Свет — видимая глазом разновидность электромагнитного излучения.

Светимость — количество энергии, излучаемой светящимся объектом за секунду.

Световой год — расстояние, преодолеваемое светом за год при распространении в пустоте; равен 9,5 миллиона миллионов км.

Световые помехи — искусственный свет, затрудняющий наблюдение ночного неба.

Секунда дуги — единица измерения очень малых углов. В одном градусе — 3600 секунд.

Склонение — эквивалент широты при определении положения на небе.

Созвездие — область неба либо выделяющаяся группа звезд в этой области, имеющая свое название.

Солнечная система — Солнце вместе со всей семьей своих планет и прочих объектов (комет, астероидов, лун, пыли и т.д.).

Солнечное пятно — участок солнечной поверхности, который выглядит темным из-за того, что он несколько холоднее своего окружения.

Солнцестояния — те моменты времени в году, когда Солнце в полдень находится в самом зените либо в наиболее северных широтах (примерно 21 июня), либо в наиболее южных широтах (около 21 декабря).

Спектр — цветовая радуга — вместе с ее невидимыми продолжениями в обе стороны — в направлениях более длинных и более коротких волн электромагнитного излучения.

Спектроскопия — разложение света или иного электромагнитного излучения с целью изучения отдельных цветов или длин волн.

Спутник — естественная луна какой-либо планеты или космический аппарат, обращающийся по орбите вокруг планеты.

Сутки — время, за которое Земля совершает вокруг своей оси один оборот относительно Солнца.

Телескоп — любой астрономический инструмент, предназначенный для сбора и приема излучения в любой части электромагнитного спектра.

Туманность — облако газа и (или) пыли между звездами или вокруг них. До того как стало известно, что галактики состоят из звезд, их тоже называли туманностями.

Ультрафиолетовое излучение — электромагнитное излучение, длины волн которого короче, чем у видимого фиолетового света. Этот вид излучения вызывает солнечные ожоги.

Фаза — доля поверхности Луны или планеты (и т.п.), освещенная Солнцем.

Фотон — частица, или «пакет» энергии электромагнитного излучения.

Фотосфера — видимая поверхность Солнца (или любой другой звезды).

Хаббла закон — закон, согласно которому все галактики удаляются друг от друга, причем их скорости пропорциональны расстояниям до них.

Хромосфера — слой газа вокруг Солнца, расположенный непосредственно над светящейся поверхностью.

Цефеида, переменная звезда — тип пульсирующей звезды, регулярно меняющей свой блеск с периодом в несколько дней.

Черная дыра — область пространства, где сконцентрирована столь большая масса, что силы тяготения не выпускают оттуда даже свет.

Широта — угловое расстояние, измеряемое к северу или к югу от экватора.

Эклиптика — ежегодный путь Солнца по небу, видимый с Земли; также — орбита Земли вокруг Солнца.

Электромагнитное излучение — вид энергии, распространяющейся сквозь пустое пространство со скоростью света.

Электромагнитный спектр — полный диапазон длин волн электромагнитного излучения. По мере увеличения длины волны различают гамма-лучи, рентгеновские лучи, ультрафиолетовое излучение, видимый свет, инфракрасное излучение, микроволны и радиоволны.

Электрон — мельчайшая частица, составная часть атома, обладающая отрицательным электрическим зарядом.

Эллипс — овальная фигура, нечто вроде равномерно сплющенной окружности.

Ядро — центральная часть галактики или атома.

Яркость — мощность излучения, которое испускается каким-либо астрономическим объектом либо принимается от него наблюдателем (блеск).

Алфавитный указатель

В тех случаях, когда для одного термина даются ссылки на несколько номеров страниц, наиболее важные из них выделяются жирным шрифтом (напр., **86**). Номера страниц, данные курсивом (напр., *94*), относятся к иллюстрациям и подписям.

Адамс, Джон Кауч 78
аккреционный диск 115, *117*
активные галактики 136–141
Алголь 112, *114*, *115*
Алькор *115*
Андромеды, галактика *24–25*, 25, 130, 149
«Аполлон», программа 19, 41, *59*, 59–60, 62, 63
Аретуза 86
Аристарх из Самоса 22
Аристотель 22, 83
астеризм 38
астероидов, пояс 86, *86*
астероиды 51, **86–87**
астрология 11, 39
астрономическая единица 24
атом **20–21**, *20*, *21*
афелий *40*

Байер, Иоганн 37
белые карлики 101
Бета Живописца *105*
бинарные звезды *см.* двойные звезды
бинокли *14*, 18
Большое Магелланово облако 93, 128–129, *129*, 149
Сверхновая 1987А 120, 122, *122*
Тарантул, туманность 128
цефеиды 129
Большой взрыв 12, 135, **146–147**, *146–147*
Браге, Тихо 83

Вейля, туманность *см.* Лебедя, Петля
Венера *10*, 11–12, 19, **52–57**
атмосфера *52–53*, 53–54, *54*
наблюдение 52
образование 104
поверхность *9*, 53, 54–55, *54–55*, *56*, *56–57*
прохождение по диску Солнца 53
фазы 52, 53, *53*
элонгации 52
Вергилий 39
«Викинг», космический корабль 41, *64*, 65, *65*, 68, 69
Водоворот, галактика *45*
водород 12, *21*, 73, 93, 101, 123, 146–147
Волосы Вероники, скопление в созвездии 132, *132*
«Вояджер», космический корабль 19, *43*, 71, 73, 77, 100
времена года 26–28, *26–27*
Вселенная 9, 12, *23*, 134, **144–149**
будущее 149
вздувание 148
возраст 135, 146
масса 149
размер 47
ранняя 142, 146–147
расширение 135, 145–148
вспыхивающие звезды 113, *113*
вулканы
Венеры *55*, 55–56, *56*
Ио *74*, 75
Марса 66, *66*, *68*

галактик, скопления *47*, **131–134**, *142*, *143*, 149
Квинтет Стефана 132, *133*
Местная группа *131*, 131–132, *132*, 134, 148
Местное сверхскопление 134
рентгеновское излучение 134
сверхскопление Геркулеса 134
сверхскопления 134
скопление Девы *47*, 132, *133*, 134
скопление Персея *47*, 138, *138*
скопление Печи *25*
скопление в Волосах Вероники 132, *132*
Галактика *см.* Млечный Путь
галактики 12, 25, **130–143**
активные 136–141
взаимодействующие *45*, *136*, *148*, 149
квазары *139*, 139–140, *141*, *142*, 142–143
красные смещения 46–47, 134
наименования 139
неправильные 131
образование *146–147*, 148–149
пересеченные спиральные 131, *131*
радиогалактики 136–138, *137*, *138*, 139, 140
расстояния 46–47, 130
сейфертовские 138, *138*, 139
спиральные *9*, *24–25*, *45*, 127, 130, *130–131*, *132*, *141*, 149
струи вещества 137, 141, *141*
типы 130
удаленные *22*, 142, *142*, 148, *148*
форма 130–131, *130–131*
эллиптические 25, 131, 149
Галилеевы спутники 74, *74*
Галилей, Галилео *12*
наблюдения Млечного Пути 126
наблюдения Сатурна 77
наблюдения солнечных пятен 97
наблюдения Юпитера 73, 74
открытие фаз Венеры 53
применение телескопа 13
«Галилей», космический корабль 42, 71, 73, 75, 87
Галле, Иоганн 78
Галлей, Эдмунд 41, 83
Галлея, комета 82, *82–83*, 84, *84*, 85, *85*
гамма-лучи *16*, 17
Ганимед 70, 75, *75*
Гаспра 87
гелий 12, *21*, 101, 146–147
геосинхронная орбита 42, *42*
Геркулеса, сверхскопление 134
Гершель, Уильям 69, 78, 79, 130
Гиады *111*
гигантское молекулярное облако 95, 103
Гиппарх 45
«Гиппарх», спутник 45
год 26
гравитационные линзы 143, *143*
Грегори, Джеймс 15
греческие философы **22–23**, 24, 28–29, 35, 37, 83
Гук, Роберт 73
Гюйгенс, Христиан 77

двойное скопление в Геркулесе *109*, 111
двойные звезды 110, 112, **114–117**
астрономические 114
видимые 114, *114*, *115*
затменно-двойные 112, *114*
контактные 115
рентгеновские 119, *119*, 120
спектроскопические 114
тесные 115, *115*
Дева А 137 *см. также* M87
Девы, скопление *47*, 132, *133*, 134
Деймос 68, 69, *69*
Джотто (художник) 83
«Джотто», космический корабль 85
динозавров, вымирание 87
Допплера, эффект 46, *46*, 114

Европа 75, *75*

затмения **32–35**, 143
кольцеобразные 33
лунные *33–34*, 35
солнечные 32–33, *32*, *33*, *34–35*
частичные 32–33, *34*
затменно-двойные звезды 112, *114*
звездная величина 45
звездное время 28
звездные ассоциации 109
звездные скопления *9*, *102*, **109–111**
ассоциации 109
наблюдения 111
открытые скопления *102*, 109, *109*, 111
шаровые скопления 109, 110, *110*
звездные фигуры 10, 27, 36, 38
см. также созвездия
звезды 11, **102–123**
беглецы 127
белые карлики 101, 106, *106*, *107*, 116, *116–117*, 118, *118*, 122
блеск 104
ближайшие 24, 105
восход и заход 27
гиганты 106, *106*, 108, *108*, *117*
главная последовательность 108, *108*
звездная величина 45
изменение расстояний 44–46
карлики 106, *106*
масса 104
нейтронная звезда *107*, 118–119, *119*, 120, 122
образование 102–103, *102*, *103*, 123
околополярные 27, *28*

рентгеновские 110 *см. также* двойные звезды, переменные звезды
сверхгиганты 106, 108, *108*, 113
светимость 45
Т Тельца, типа 102
цвет 105, 106, *106*
эволюция 106, *107*
Земля *8*, *30–31*
атмосфера 54
вращение 10, 22, 26–28
времена года 26–28, *26–27*
космическая скорость 42
магнитное поле 100, *100*
орбита 22, 26–27
полярные сияния 98–99, *99*
приливы 30–31, *31*
солнечные бури 98
формирование *104*
зодиак 38–39, *38–39*

Ида 87, *87*
Икар 86
ИКФ, спутник 147–148
инфракрасное излучение *16*, 17, 92–93
Инфракрасный астрономический спутник 84, 92
инфракрасный телескоп 93
Ио *72*, *74*, *74–75*, 75
Исследователь космического фона *см.* ИКФ

Каллисто 75, *75*
карликовая новая 116
Кассиопея А *123*
квазары *139*, 139–140, *141*, *142*, 142–143, *143*
Кентавр А 138, *138*
Кеплер, Иоганн 23–24, 39, 51, 69
законы движения планет 40, *40*, 65
килопарсек 45
«Клементина», космический аппарат 63
Койпера, пояс 81, *81*, 85
кольца вокруг планет 76–77
кометы *9*, **82–85**
голова *84*
кома 82, *84*
комета Аренда—Ролана 85
комета Биэлы 85
комета Галлея 82, *82–83*, 83, 84, *84*, 85, *85*
комета Григга — Скьеллерупа 85
комета Джакобини — Циннера 85
комета Донати 85
комета Икейя — Секи 85
комета Когоутека 85
комета Уэста *9*
комета Шумейкера — Леви 9, 85
комета Энке 83, 85
кометное облако 81, 84
наименования 84
орбиты 83, 84, *84*
периодические 83–84
хвост 82, *84*
Конская голова, туманность *94*
Коперник, Николай 23
модель Вселенной *23*, 24
коричневый карлик 105
космические лучи 95
космическое фоновое излучение 147–148
космология 145–149
Крабовидная туманность 120, *121*, 122
красное смещение 46, *46*

кратеры
на Венере 55, *57*
на Луне *58–59*, 59, 60, *61*
на Марсе 64, 65, 66, *66*
на Меркурии 51, *51*
Крюгер 60, 114

Лакайль, Николя де 37
Лебедь А 137, *137*
Лебедя, Петля *121*, 122
Леверье, Урбэн 78
Ливитт, Генриетта 129
Лоуэлл, Персиваль 64, 65, 69
Луна 19, **30–31**, **58–63**
возраст 60
грунт 60–62
затмения *33–34*, 35
измерение расстояния *41*
использование в будущем 62–63
кратеры *58*, 59, 60, *61*
либрация 58
лунные обсерватории 63, *63*
лунотрясения 62
моря 58, *58–59*, 60
образование *61*, 62
пепельный свет *30–31*
поверхность *58*, *59*, 59–60
урожайная Луна 30
фазы 30, *30*

M13 110
M27 *108*
M33 *132*
M51 *45*
M84 132
M86 132
M87 132, *137*, 141
Магеллан, космический корабль 53, 55, 56, 57
Магеллановы облака 127, 131 *см. также* Большое Магелланово облако, Малое Магелланово облако
малая планета *см.* астероид
Малое Магелланово облако 128–129, *129*
Маннкуган, кратер 89
«Маринер-10», космический корабль 57
«Маринер-2», космический корабль 57
«Маринер-4», космический корабль 65, 69
«Маринер-9», космический корабль 69
Марс 64–69
атмосфера 64, 67–68
вулканы 66, *66*, *68*
жизнь 64
«каналы» 64, *65*, 69
луны 68, 69, *69*
наблюдение 69
образование *104*
поверхность 64, *64–65*, 66–68, *66*, *67*, *68*, *69*
противостояние 69
пыльные бури 67–68
мегапарсек 45
межзвездная среда 94–95
местный «пузырь» 95
межзвездное вещество **92–95**, 103
Меркурий 50–51
магнитное поле 100
образование *104*
орбита *50*, 51
поверхность 51, *51*
мерцание (звезд) 19
Мессье, Шарль 130, 132, 139

Местная группа *131*, 131–132, *132*, 134, 148
Местное сверхскопление 134
местный «пузырь» 95
метеор 88
метеорит 82, **88–89**, *88*, *89*
метеорное тело 88
метеорный дождь 88, 89
Метеоритный кратер 87, *88*
метеорный поток 82, 88, *88–89*
микроволны *16*, 17
Мимас *77*
Мира 112, *112*, *113*
Миранда *78*, 79
Мицар *115*
Млечный Путь, галактика 11, 12–13, *23*, 24, *25*, **126–128**, 130
водород, газообразный 93
вращение 126
гало 127–128
гигантские молекулярные облака 95, 103
диск 127
звездные скопления 109, 110
межзвездное вещество 94–95
наблюдение 126
невидимое вещество 127–128, *148*, 149
пылевые облака *12–13*, 92, *92–93*, 93
спиральные рукава 127
форма и размер *22*, 126, *126–127*
центр 128, *128*
молекулы 21
межзвездные 95

небесная сфера 28–29, *29*
небесные полюса *28*, *29*
небесный экватор *29*
невидимое вещество
в Млечном Пути 127–128, *148*, 149
в скоплениях галактик 134, 149
нейтрино 63, 101, 122
нейтрон 20, 101
Нептун **78–79**, 80
кольца 76
луны *78*, 79
образование 104
открытие 78
темное пятно *79*
новая 114, **116–117**
карликовая новая 116
Ньютон, Исаак 15, 83
теория тяготения 41

обсерватория *14–15*
на Луне 63
солнечная *96*
околоземные объекты 87
Ольберс, Генрих 145
Омега Кентавра 110, *110*
Оорта, облако *81*
Орион *36*, *37*, *38*
Ориона, туманность *37*, *38*, 95, 103, *103*
открытые звездные скопления *102*, 109, *109*, 111
отражающая туманность 94, *94–95*

параллакс 44, *44*
парниковый эффект 54
парсек 45
Парусов сверхновая, остатки *123*
пепельный свет *30–31*
Первая точка Овна *29*
переменные звезды 45

RR Лиры, переменные звезды 113
вспыхивающие звезды 113, *113*
кривая блеска 112, *113*
Мира 112, *112*, *113*
неправильные 113
пульсирующие 112–113
сверхгиганты 113
система наименования 113
Т Тельца, звезды типа 102
цефеиды 46, 113, 129, 130
пересеченные спиральные галактики 131, *131*
перигелий *40*
Персей А 138, *138*
Персея, скопление *47*, 138, *138*
Печи, скопление *25*
ПЗС *см.* прибор с зарядовой связью
Пиацци, Джузеппе 86
пиксел 16, *16*
«Пионер», космический корабль 71, 73, 77
Планета X 81
планетарная туманность 106, *108*, 123, *123*
планетезималь 81, 104
планеты *10–11*, 11
образование *102*, 104, *104*
орбиты 22–24, **40–43**
планетные зонды 19, 42
Платон 22
Плеяды 94, 109, *109*, *111*
Плутон 80–81
поглощающая туманность 94, *94*
позитрон 101
полярное сияние 98–99, *99*
прибор с зарядовой связью 16
приливы 30–31, *31*
Проксима Кентавра 96, 113
протозвезда 102, 103, 104
протон 20, 101
прохождение Венеры по диску Солнца 53
прямое восхождение 29, *29*
Птолемей 23, 37
модель Вселенной *23*
пульсары 118–119, *119*, 120, *121*
пыль
вокруг Беты Живописца 105
кометный хвост 82, *84*
межзвездная 92, *92–93*, 93
на Марсе *65*, 67–68

равноденствие 26
радиоастрономия 18, 93
радиоволны *16*, 17
радиогалактики 136–138, *137*, *138*, 139, 140
радиолокация 41, 55, *55*
радиотелескоп 18, *18*, *19*, 140, *141*
рентгеновские двойные звезды 119, *119*, 120
рентгеновские лучи *16*, 17, 110, 138
солнечные 99, *99–100*
Ро Змееносца, туманность *94–95*
Розетка, туманность *102*
Росс, граф 120
Роша, полости 115, *115*, 116
R Северной Короны 113
RR Лиры, звезды 113

самосветящаяся туманность 93, *94*, *102*, 103, *103*
Сатурн *17*, **76–77**
кольца 76–77, *76*, *77*

луны 77
образование 104
Сверхновая 1987А 120, 122, *122*, *123*
сверхновые 114, **120–123**
наименование 120
остатки 120–121, *121*, 122, *123*
сверхскопления 134
свет *16*, 17
световой год 13
световые помехи 19
сейфертовские галактики 138, *138*, 139
секунда дуги 28
Сириус 118, *118*
склонение 29, *29*
скопления *см.* галактик, скопления, звезд, скопления
созвездия 36–39
околополярные 27, *28* *см. также* звездные фигуры
Солнечная система *10–11*, 11
образование 104, *104*
орбиты 40–43
Солнце *8*, 11, **96–101**, 126
внутренние области *100*, 101
вращение 98
время жизни 101
затмения 32–33, *32*, *33–34*
зернистость 97, *97*
источник энергии 101
корона *32*, *98*, 99–100
магнитное поле 98
наблюдение 97
образование 11
протуберанцы *98*
рентгеновское излучение *98–99*, 99–100
солнечная активность 98–99
солнечные вспышки 98
солнечные пятна *96–97*, 97, 99
солнечный ветер 100
солнечный цикл 99
спектр 96
фотосфера 96, 97, *97*
хромосфера 99
солнцестояние 26
спектр 17
Солнца 96 *см. также* электромагнитный спектр
спиральные галактики *9*, *24–25*, *45*, 127, 130, *130–131*, *132*, *141*, 149
спутники (искусственные) 42
орбиты *42*
Стефана, Квинтет 132, *133*
сутки
день и ночь 26
продолжительность 31

Т Тельца, звезды типа 102
телескоп 12–13, **14–15**, *15*, 18
космические телескопы 19, *19*
на Луне 63
Ньютонов 15
радио 18, *18*, 19, *19*, 140, *141*
рефлектор 15, *15*
рефрактор 14, *15*
Титан 77, *77*
Томбо, Клайд 80
Тритон *78–79*, 79
Тройная туманность *94*
Троянцы, астероиды 86
туманность 92 *см. также* поглощающая туманность, самосветящаяся туманность, планетарная туманность, отражающая туманность

Тунгусское событие 87
тяготение *43*, 114–115
гравитационные волны 63
теория Ньютона 41
теория Эйнштейна 143
угловой размер 28
Угольный мешок 94
Улей (Ясли), скопление 111
ультрафиолетовое излучение *16*, 17
Уран *11*, **78–79**
кольца 76, 78–79
луны *78*, 79
образование 104
открытие 78

Фабрициус, Давид 112
фазы
Венеры 53, *53*
Луны 30, *30*
Фаэтон 86
Фобос 68, 69, *69*
фотометр 112
Фраунгофер, Йозеф 96

«Хаббл», космический телескоп 19, *19*, 71
Хаббл, Эдвин 46–47, 120, 130
Хаббла, закон 47, *47*, 134–135, 140
химические элементы 20–21
происхождение 123
Хирон 86
Харон, 80–81

цвет 16–17
условные цвета 17, *18*
Церера 86
цефеиды 46, 113, 129, 130

Чаллис, Джеймс 78
черные дыры *107*, 120, *120*
в галактиках 140, 141, *141*
в центре галактики 128
Чосер, Джеффри 39

шаровые звездные скопления 109, 110, *110*
Шекспир, Уильям 39
широта и долгота 29, *29*
Шмидт, Маартен 139

Эйнштейна, Крест 143
эклиптика 29, *29*, 38–39, *38–39*
электромагнитное излучение 17
электромагнитный спектр *16*, 17
электрон 20
эллипс *23*, 40, *40*
эллиптические галактики *25*, 131, 149
Энке, И.Ф. 83–84

Юпитер 12, **70–75**
атмосфера 72
Большое Красное пятно 70, *70–71*, 73
внутренние области 73
кольцо *74–75*
луны 70, *72*, 74, *74*, 75, *75*
магнитное поле 73, 100
наблюдение 71
облака 70, *70*, 71, *71*, 72, *72*, *73*
радиоизлучение 73
столкновение с кометой 85
формирование 104

ядерный синтез, реакция 101, 102, 123
Ясли (Улей), скопление 111

Acknowledgements

Design: Raynor Design

Abbreviations: t = top; b = bottom; l = left; r = right; c = centre: back = background

Photographs
The publishers would like to thank the following for permission to reprodúse the following photographs:
Adventure Photo:
A.P.Kennan Ward: 99b
Anglo-Australian Observatory: 4bl; 5bl; 38t; 92t; 94-95b; 121t; 121b; 123tl
Royal Observatory Edinburgh: 25l; 25r; 47t; 94l; 94-95t
Telescope Board: 26-27; 103c; 137tl; 137cl; 138tl
AURA Incorporated, Kitt Peak National Observatory: 121t
Bodleian Library: 36tr
Britstock-IFA:
Eric Bach: 36tl
*T.S.Chanz:*44tl
Bernd Ducke: 8t
Crahammer, Ducke: 126t
H. Schmidbauer: 136t
California Institute of Technology, Las Campanas Observatory:
J.T.Trauger: 72b
Collection Ville de Bayeux: 82-83t
M. Covington: 9br; 45; 103t; 109r
J. Dragesco: 59t; 96-97t; 97inset
European Space Agensy: 19r
Mary Evans Picture Library: 12bl; 40tr; 74bl
J.Fletcher: 115c
Galaxy Picture Library: 10t; 18
Hale Observatories: 121c
H.R.Hatfield: 32t; 34-35b
P. Janssen: 97b
Jet Propulsion Laboratory: 22t
W.M.Keck Observatory:
Keith Matthews, James Larkin: 142tl; 142br;
KPNO Composite: 142bl
Serge Koutchmy: 5bc; 26; 98r
Lick Observatory, Santa Cruz: 58; 116t; 116c; 118b
MACHO Project:
Wil Sutherland: 148b
McDonald Observatory, Texas: 41
Mittons: 8cr;118t;
*J. Mitton:*14tl; 19l; 23c; 23b; 36b; 55t; 65t; 74tl
S. Mitton: 6-7; 96bl
M. Moberley: 69b
NASA: 8bl; 8-9c; 17tl; 30-31; 51;59b; 60t; 60b; 66b; 67t; 67b; 68; 69t; 70-71t; 73; 74-75t; 74-75c; 75c; 75b; 75r; 76c; 77t; 77 inset; 77b; 78b; 78-79c; 78-79b; 79tr; 86t; 87; 96br; 98-99; 110b;132-133b
Eric Bach: 82t; 96t
Matt Bobrowsky (CTA Incorporated): 123tr
California Institution of Technology and Carnegie Institution of Washington: 24-25
Carnegie Institution of Washington, Alan Dressler: 47b; 142tr
COBE Science Working Group: 92-93; 126bl
European Space Agency: 72t; 80b; 98l; 123br; 143br;
Goddard Spase Flight Centre: 144
COBE Science Working Group: 92-93; 126bl;
IRAS: 92b
Jet Propulsion Limited: 30tl; 54-55t; 54-55b; 56; 57t; 57c; 57b; 57br; 65b; 66tl; 66c; 86t
Tod R. Laver, Sandra M. Faber: 137cr
Rice University, C.R.O'Dell: 103b
Spase Telescope Science Institute:
Francesco Paresce, European Space Agency, Paola Sartoretti, University of Padua: 74bl
R. Jedrzejewski, Frantesco Paresce, European Space Agency: 116b
*JHU, H. Ford:*141tc
J. Mackerty: 149
H.A.Weaver, T.E.Smith: 85b
US Geological Survey: 64t
National Optical Astronomy Observatories: 8-9b; 47c; 130t; 132t; 138bl; 138br; 141tl; 141bl
Steward Observatory: 12-13
University of Arizona, Gary Berstein, Tony Tyson (A.T.E.T. Bell Laboratories): 143
National Radio Astronomy Observatory: 17bl; 123bl; 138tr
AUI: 136-137t;138tr; 141br
VLA: 137b
National Research Council of Canada, Dominion Astrophysical Observatory: 148t
Natural History Museum, London: 88t; 88br
Jack B.Newton: 8-9t; 102tl; 108; 121b; 130bl; 131b; 133br
Palomar Observatory/Carnegie Institution: 6-7; 109l
Max Planck Institute Fur Aeronomie: 85t
The Planetarium, Armargh, Northern Ireland: 82-82b
T.Platt: 71
Royal Astronomical Society, London: 114t; 114c;114b
Royal Greenwich Observatory: 14-15t; 15tr
Royal Observatory, Edinburgh: 102tr; 110t
AAT: 128;129l; 129r
John Sandford: 32b; 88-89t
Scott Sandford: 89br
UK Schmidt Telescope Unit: 133t
Science Photo Library/Hale Observatories: 46b
Scrovegni Chapel, Padua: 83t
Spase Frontiers Ltd: 34-35t; 73c; 75l
H.J.P. Arnold: 30tr
Spase Telescope Science Institute:
Dana Berry: 112t;113b; 116-117; 126br; 136b; 141tr;143tl
Antonella Fruscione, Richard Griffiths, John MacKenty: 16t
UCLA, Astronomy Department, Ben Zuckerman and Harland Epps, Jon Gradie-Joan Hayashi, Planetary Geosciences Division, University of Hawaii, Robert Howell, Department of Physics and Astronomy, University of Wyoming: 105l; 105r
University of Hawaii at Manoa, Institute for Astronomy: 81 inset
University of Hawaii, Alan Stockton: 137t
University of Michigan: 1; 17r
University of Oxford, Department of Astrophysics: 134-135

Illustrations and diagrams
Julian Baum: 15c; 15b; 16b; 20; 22-23; 32-33; 40t; 44b; 47b; 81; 84b; 86b; 108; 115t; 120; 126-127; 131; 138c; 139; 144; 144-145
Paul Doherty: 10-11; 46t; 61t; 61b; 102b; 104; 111
David Hardy: 2; 4tl; 5br, 26-27; 28b; 30b; 37; 38-39; 40b; 42; 43b; 48-49; 50t; 50-51; 52t; 52-53; 54tc; 58-59; 62-63; 64-65; 70t; 70-71; 73r; 74tr; 76t; 76b; 76-77; 78t; 78-79; 80t; 80-81; 84t; 90-91; 100t; 100b; 101; 106; 107; 119t; 119b; 124-125; 146-147; 151-153
David Mallott: 66-67
Oxford Illustrators: 14; 18; 34t; 44tr; 97
Raynor Design: 23t; 28tl; 28tr; 29; 31; 38; 40b inset; 43t; 47t; 88; 112b; 113t; 114b; 115b; 140; 150t

Cover
Front, back and spine illustrations: Julian Baum
Background photograph: Lick Observatory, Santa Cruz

Научно-познавательная литература
Для среднего и старшего школьного возраста

«ОКСФОРДСКАЯ БИБЛИОТЕКА»
Саймон и Жаклин Миттон

АСТРОНОМИЯ

Перевод с английского И. И. ВИКТОРОВОЙ, кандидата физико-математических наук

Научный консультант О. Н. РЖИГА, доктор физико-математических наук

Редактор В. А. АЦАРКИН, профессор, доктор физико-математических наук

Художественно-технический редактор Л. П. КОСТИКОВА

Корректор Н. И. СИДЯКИНА

ЛР №071328 от 9.08.96.
Издательский дом «Росмэн».
125124, Москва, а/я 62.
1-я ул. Ямского поля, 28.
Отдел реализации: (095) 257-46-61.

Отпечатано в Германии.
ISBN 5-257-00052-0

© «Росмэн» перевод, 1995.